

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh výtahu bez strojovny nad šachtou

Construction Design of Elevator Without
Engine Room Over Shaft

Student:

Bc. Radek Tříška

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Tříška**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: **Konstrukční návrh výtahu bez strojovny nad šachtou**
Construction Design of Elevator Without Engine Room Over Shaft
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pro konkrétní realizaci rekonstrukce panelového domu navrhnete výtahový systém s neprůchozí kabinou a s dojezdem do nejvyššího patra. Strojovna nemůže být proto umístěna nad výtahovou šachtou. Návrh se snažte zobecnit pro obdobné realizace. Specifikujte požadavky dle konkrétního panelového domu a navrhnete konstrukční řešení prostřednictvím 3D modelu. Proveďte kontrolní a návrhové výpočty. Výkresovou dokumentaci zpracujte v rozsahu dle upřesnění vedoucího práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


KALAB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1860-3.
DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-018-3.
MORAVEC, Vladimír a Jiří HAVLÍK. *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0878-1.
NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1782-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 17.5.2019



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 17.5.2019



.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Radek Tříška

Adresa trvalého pobytu autora práce:

F. S. Tůmy 1238, Orlová-Lutyně

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. TRÍSKA, R. *Konstrukční návrh výtahu bez strojovny nad šachtou*: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra výrobních strojů a konstruování, 2019, (60) s. Vedoucí práce: Kubín, T.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem výtahu v šachtě obytného domu. Konstrukce budovy neumožňuje navrhnout výtah se strojovnou nad šachtu. Požadavky návrhu jsou: kabina musí dojíždět do posledního patra a všechny stanice musí být na straně bytu. Dříve realizované podobné projekty nesplňovaly požadavky zákazníka. Bylo tedy nutné vymyslet celou koncepci od začátku. Výsledkem práce je konstrukční návrh výtahu bez strojovny. Na základě tohoto návrhu bude probíhat realizace. Výpočtem jsem doložil vhodnost použitých komponent.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

Bc. TRÍSKA, R. *Construction Design of Elevator Without Engine Room Over Shaft*: Diploma Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of production machines and design, 2019, (60) s. Supervisor: Kubín, T.

The diploma thesis is deal with construction design of elevator situated in the well of an apartment building. Construction of a building does not allow a designed elevator with a machine room. For the design, there are few requirements, which are: the cabin should stop at the highest level and all stations should be located on the side of the apartment. Previously, similar projects have been realized, however, it was not able to provide customer requirements. For this reason, It has become a necessity to improve the new concept. The progress of the diploma thesis is based on a construction design of the elevator without the engine room. I verify that their suitabilities and calculation of chosen components.

Seznam použitých značek a symbolů

Značka, symbol	Význam	Jednotka
Q	nosnost výtahu	[kg]
m_r	hmotnost rámu	[kg]
m_{op}	hmotnost kab. dveří	[kg]
m_k	hmotnost kabiny	[kg]
k_l	součinitel rázu	[-]
g	gravitační zrychlení	[m/s ²]
n	počet vodiček klece	[-]
m_v	hmotnost vodička	[kg/m]
l_{vk}	délka jedné linie vodiček klece	[m]
D_x	hloubka kabiny	[mm]
D_y	šířka kabiny	[mm]
l	rozpětí mezi kotvením vodiček	[mm]
h	svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi	[mm]
S	průřez vodička	[mm ²]
J_x	moment setrvačnosti vodička k ose X	[mm ⁴]
J_y	moment setrvačnosti vodička k ose Y	[mm ⁴]
E	modu pružnosti oceli	[MPa]
σ_{dov}	dovolené namáhání	[MPa]
δ_{dov}	dovolené průhyb vodička	[mm]
μ	součinitel tření mezi lanem a trakční kladkou pohonu	[-]
a	zrychlení pohonu	[m/s]
v	rychlost výtahu	[m/s]
H	zdvih výtahu	[m]
m_l	hmotnost lana	[kg/m]
α	úhel opásání třecího kotouče	[°]
d_l	průměr lana	[mm]
n_l	počet lan	[-]
i_k, i_z	lanový převod	[-]
d_t	průměr třecího kotouče	[mm]

γ	Úhel drážky třecího kotouče	[°]
C_1	součinitel zahrnující zrychlení	[-]
C_2	součinitel drážky	[-]
P_{dov}	dovolený tlak v drážce třecího kotouče	[MPa]
σ_z	zaručená nosnost lana	[N]

Seznam použitých termínů

Termín	Popis
šachta	prostor, v němž se pohybuje klec a vyvažovací závaží; tento prostor je obvykle ohraničen podlahou prohlubně, stěnami a stropem šachty
prohlubeň	část šachty pod úrovní podlahy v nejnižší stanici
hlava šachty	část šachty nad úrovní podlahy v nejvyšší stanici
trakční výtah	výtah, jehož nosná lana jsou poháněna třením v drážkách třecího kotouče výtahového stroje
zachycovače	mechanické zařízení, které slouží k zastavení a udržení klece, vyvažovacího závaží v klidu, při nadměrné rychlosti nebo při přetržení nosných prostředků
vyvažovací závaží (protiváha)	hmotnost závaží, jehož hlavní činností je vyvažovat (část nebo celou) kabinu výtahu a tím šetřit energii
vyprošťování	zvláštní činnost požadovaná k bezpečnému vyproštění osob z klece
jmenovitá rychlost	rychlost klece v m/s, pro kterou byl výtah postaven
strojovna výtahu	zcela uzavřený, uzamykatelný prostor pro strojní zařízení se stropem, stěnami, podlahou a vstupními dveřmi, ve kterém je strojní zařízení jako celek nebo zčásti umístěno
vodítka	pevné díly, které slouží k vedení klece a vyvažovacího závaží
klec	část výtahu určena pro osoby a náklad
nosnost	zatížení, které je určeno k dopravě při normálním provozu
G57	označení typového panelového domu

Obsah

Úvod.....	9
1 Požadavky zákazníka	10
2 Typová řešení.....	11
2.1 Koncepce neprůchozího výtahu	13
2.2 Koncepce průchozího výtahu	14
3 Prvotní návrh.....	15
4 Konstrukční návrh.....	18
4.1 Vodítka klece a protiváhy	22
4.2 Rám s klecí a příslušenstvím.....	24
4.2.1 Rám klece.....	24
4.2.2 Kabina výtahu	27
4.2.3 Omezovač rychlosti.....	28
4.2.4 Zachycovače.....	29
4.3 Protiváha	31
4.4 Lana, závěsy lan a převáděcí kladky.....	33
4.4.1 Lana.....	33
4.4.2 Závěsné šrouby.....	34
4.4.3 Závěs lan nad klecí.....	35
4.4.4 Nosník se závěsem protiváhy.....	36
4.4.5 Převáděcí kladky	38
4.5 Výtahový stroj.....	40
4.6 Nárazník klece a protiváhy.....	42
4.7 Šachetní dveře	44
5 Bezpečnostní opatření	45
5.1 Bezpečnostní prostory	45
5.2 Bezpečnostní spínače	46
5.3 Vážení klece	46
6 MKP analýza nosníku	47
7 Výpočty	49
7.1 Výpočet vodítek klece.....	50
7.2 Kontrola trakce.....	54
7.3 Kontrola lan.....	56
7.4 Zatížení nosníku nad protiváhou.....	57
8 Závěr	58
9 Seznam použitých zdrojů	59
10 Seznam příloh	60

Úvod

Téma této diplomové práce jsem si vybral na základě spolupráce s firmou LIFT SERVIS WORK, kterou kontaktoval zákazník požadující výtah, který se prý údajně moc neliší od jejich typového řešení. Samozřejmě se časem ukázalo, že požadavky byly takové, že to v žádném případě nebude typový výtah. Bylo to něco ve stylu: Máme malou útulnou šachtu a do ní chceme obří výtah. A dodatek zákazníka: Ale jediné na dotace, které se uzavírají za dva týdny. Prvotní návrhy vznikly narychlo ve 2D v AutoCADu, kde jsem si tedy už vytvořil základní představu, jak vše bude vypadat. Návrh kompletně nové technologie neměl smysl, když firma disponuje různými typy rámců, kabin a vyvažovacího závaží. Tato práce tedy není o tom, že každou součást budu navrhovat přesně pro tuto zakázku. Z ekonomického hlediska je důležité použít co nejvíce technologie, která se už používá a umístit ji do stísněné šachty. Například rám klece, který by vydal na zvláštní diplomovou práci, použiji již existující. Tudíž to, co se bude dát použít, použiji. Co bude nutné vymyslet, vymyslím.

1 Požadavky zákazníka

Zákazník požaduje montáž tří výtahů ve stávající budově, která nemá výtah. Jako šachta výtahu bude využita šachta údržby, ve které je žebřík na střechu a svod dešťové vody. Bytový dům je tvořen třemi samostatnými vchody.

Hlavní požadavek je ten, že všechna nástupiště musí být u bytů, nikoliv v mezipatře. Problém je v tom, že předchozí realizace mají poslední nástupiště v předposledním podlaží. Zákazník ale požadoval mít nástupiště i v posledním podlaží. Pro tento požadavek je tedy nutné vypracovat novou koncepci.

Rozměry klece nejsou pevně stanoveny, ale vzhledem k malým rozměrům šachty je důležité maximálně využít šachtu.

Pro výběrové řízení, stavební povolení a dotace bylo nutno vytvořit předběžný návrh výtahu. Všechny požadavky zákazníka platili i pro výběrové řízení. Žádný jiný konkurenční návrh nesplňoval dojezd výtahové kabiny do posledního patra.

2 Typová řešení

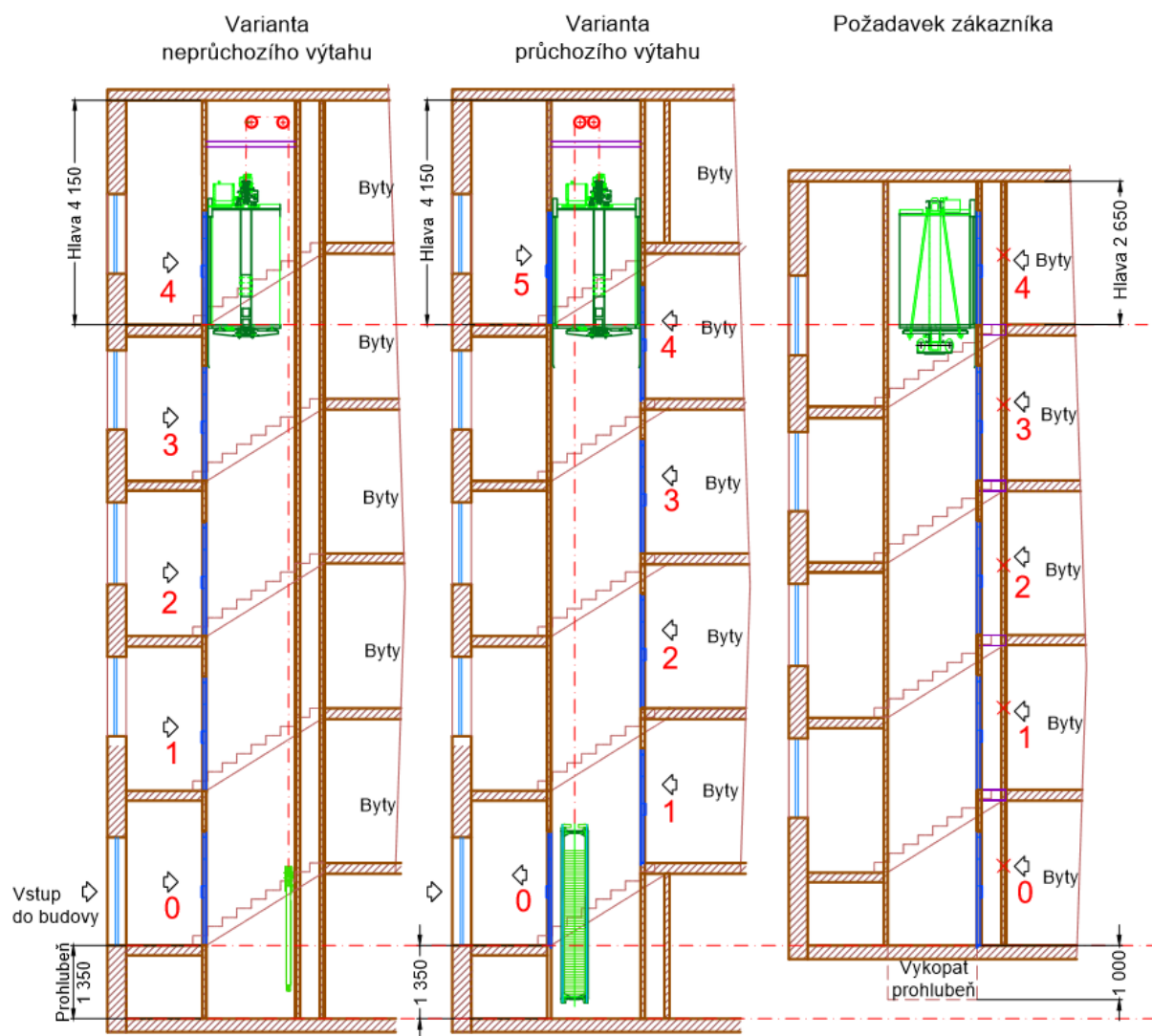
Pro bytový dům typu G57 (Obr. 1), jsou zpracována dvě typová řešení, a to jak pro průchozí, tak pro neprůchozí výtah. Tento typový dům je zpravidla tvořen třemi nebo čtyřmi vchody. V každém vchodě je šachta pro údržbu, do které se vstupuje pomocí dveří v nejnižším a nejvyšším podlaží. Tato šachta se využívá pro svod dešťové vody ze střechy, vedení internetu a satelitní televize. Šachta je rovněž využívána pro vedení hydrantové sítě. Šachty v prostředních vchodech obsahují výstup na střechu. Vedle šachty údržby je situovaná šachta rozvodu elektřiny. Nejjednodušší je tedy řešit nástupiště v mezipatrech, aby nebyla narušena šachta s rozvodem elektřiny. Z důvodu malé hlavy se poslední nástupiště umísťuje v posledním mezipatře.

Při realizaci výtahu v šachtě údržby je nutno odstranit veškeré technologie a konstrukce. Ve většině šachet se jedná o žebřík k výlezu na střechu nebo komín z bývalých sušáren. Části, které již nejsou potřebné (žebřík) se trvale odstraní a ostatní se přeloží mimo šachtu. Každá šachta je řešena individuálně.



Obr.1 Půdorys bytového domu G57

Tento typ bytového domu se ve velkém počtu nachází v Karviné, kde se také bude realizovat tento návrh. Z důvodu terénní nerovnosti je mnou řešený objekt trochu odlišný od typového řešení. Při stavbě panelových jednotek bylo vynecháno jedno patro a vchod do budovy je v úrovni prvního patra bytů (Obr. 2). V dosavadně řešených domech byl vchod do budovy o půl patra níž než první patro bytu a spodní patro bylo využito jako sklepní prostory.

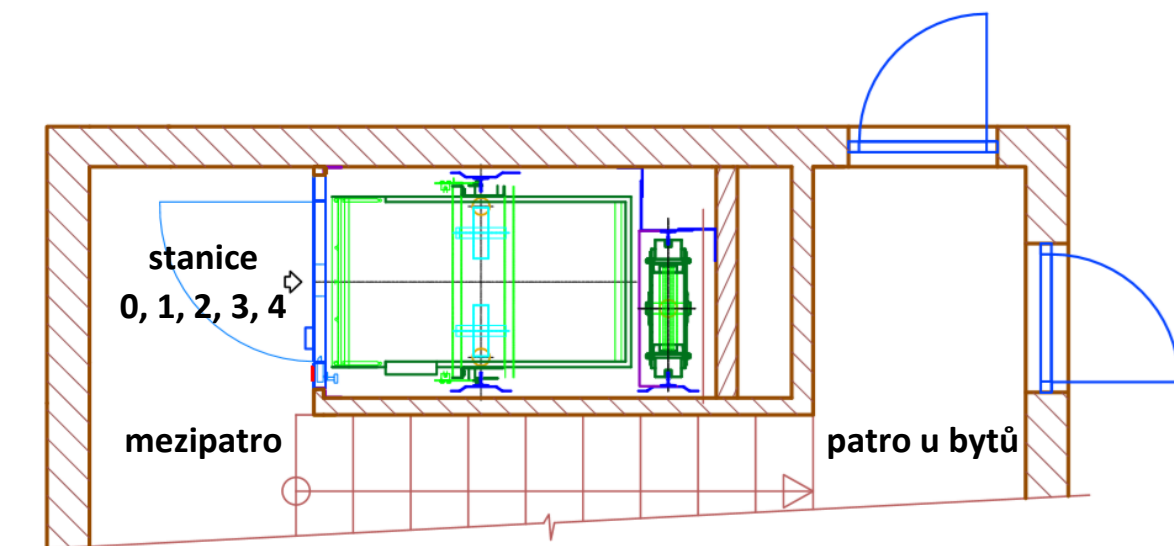


Obr. 2 Zobrazení řešené varianty vůči typovým řešením

2.1 Koncepce neprůchozího výtahu

Neprůchozí výtah (Obr. 3) je jednodušší na realizaci, protože se jako výtahová šachta využije pouze údržbářská část šachty. Do šachty s elektroinstalací se nezasahuje. Nástupní stanice jsou v mezipatrech a je tedy nezbytné vyřezat v čelní stěně otvory pro dveře. Díky tomuto řešení, získáme větší hlavu šachty, kterou využíváme pro nosníky s kladkami. K těm se dostane údržba přes kontrolní dveře pomocí přenosného žebříku v nejvyšší stanici. Jelikož se jedná o neprůchozí výtah tak kabina výtahu má vstup pouze z jedné strany, a to na straně mezipatra. Protiváha je umístěna na zadní straně šachty. Neprůchozí varianta má nosnost 400 kg.

Tato koncepce bohužel nevyhovuje požadavkům zákazníka. Nástupiště nejsou na straně bytu.



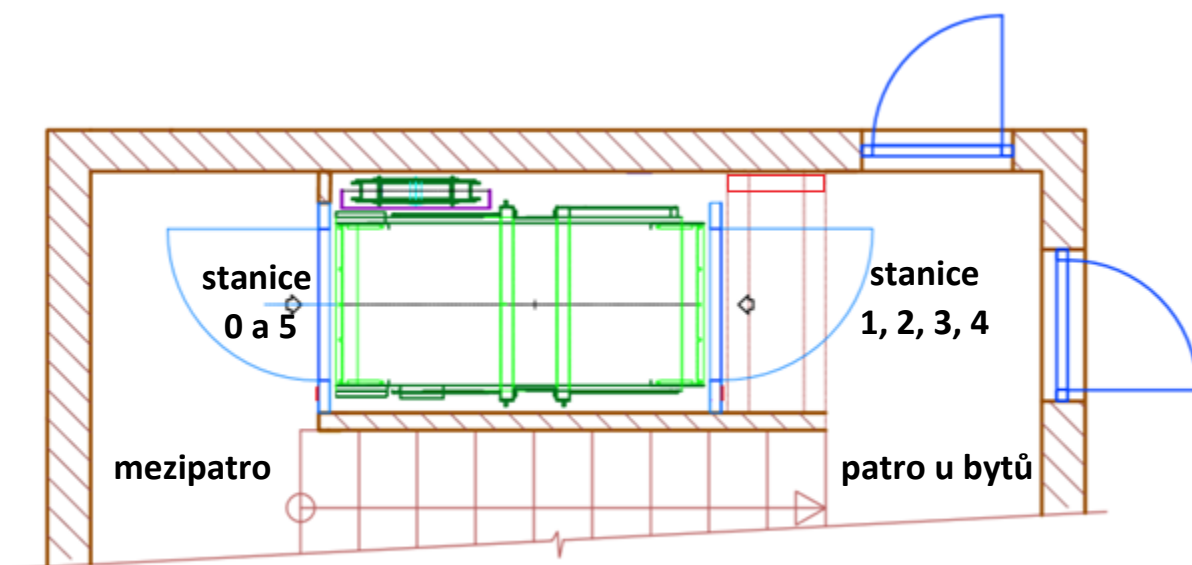
Obr. 3 Řez šachtou u neprůchozího výtahu

2.2 Koncepce průchozího výtahu

Řešení průchozího výtahu (Obr. 4) je složitější v tom, že nástupiště jsou na straně bytů a v nejvyšší a nejnižší stanici v mezipatře. Pro toto řešení je nutné vyřezat jak otvory pro šachetní dveře, tak celou příčku mezi šachtou údržby a elektroinstalací. Vzniká další problém a to elektroinstalace. Tu je nutno kompletně předělat a vést nově po kraji šachty ve žlabech. Další nutností je v každém patře vytvořit nástupní rampu, která překlenuje šachtu bývalé elektroinstalace.

Toto řešení je výrazně dražší hlavně kvůli přeložení elektroinstalace, která je z hliníku. Pokud se ale elektroinstalace upravuje, nemůže se upravit stávající hliníková. Musí být kompletně předělána do mědi, aby splňovala současné normové požadavky.

Bohužel ani tato koncepce nesplňuje požadavky zákazníka. Nástupiště jsou sice umístěna na straně bytů, ale ne v posledním podlaží.



Obr. 4 Řez šachtou u průchozího výtahu

3 Prvotní návrh

Pro správný návrh je důležité podrobné zaměření šachty. Jelikož se jedná o tři výtahy, je nutné zaměřit všechny tři šachty.

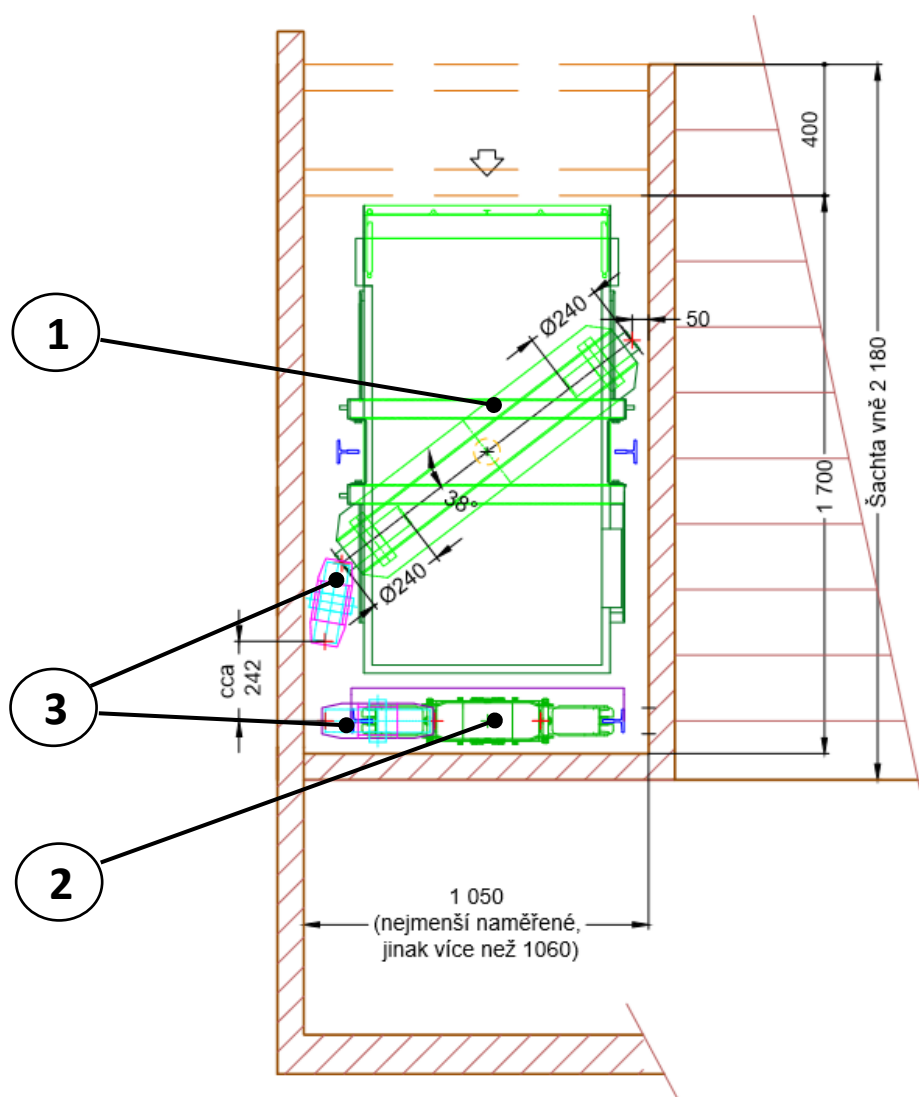
Pro prvotní návrh jsem si vybral šachtu s nejmenšími rozměry. Když technologii přizpůsobím k ní, tak vím, že v ostatních šachtách budu mít rezervu. Šachta, pro kterou budu vytvářet návrh, má šířku 1 050 mm, hloubku 1 700 mm a výšku 15 130 mm. Hlava šachty byla změřena v posledním patře jako výška od podlahy ke stropu, tj. 2 650 mm. V této úrovni končí i šachta. V tomto případě je prohlubeň šachty 0 mm, protože podlaha šachty je ve stejné úrovni jako budoucí nástupiště v nejnižším podlaží. Bude tedy nutno vykopat a vybetonovat novou prohlubeň.

U typového řešení této šachty se používá rám klece s kladkami nahoře a v hlavě šachty se nachází nosníky s kladkami. V mém případě toto řešení nemohu použít, jelikož rám s klecí musí dojíždět až do posledního patra s nedostatečně velkou hlavou šachty. V případech, kde se použije rám s kladkami nahoře, je hlava šachty kolem 4 000 mm. Tím tedy zjišťuji, že musím použít rám s kladkami dole.

Jelikož šachtou musím vést ještě svod dešťové vody a elektroinstalaci, nemůžu mít osu rámu klece shodnou s osou šachty. Musím celý výtah posunout co nejvíc na jednu stranu, aby vznikl prostor pro svod a žlab elektroinstalace. Prostor na jedné straně také potřebuji pro převáděcí kladku. Když si tedy narýsuji nejmenší rozměry šachty, můžu si schematicky udělat návrh (Obr. 5), do kterého si budu vkládat komponenty.

Standardní šířka kabiny u takové šachty je 750 mm u neprůchozího výtahu a 700 mm u výtahu průchozího. V tomto případě musím zvolit 700 mm šířku klece, jinak bych nevytvořil dostatečný prostor pro svod dešťové vody, elektroinstalaci a převáděcí kladku. Z přechozích zakázek vím, že vhodná vzdálenost osy kladky rámu na straně závěsu klece je 50 mm.

Z návrhu je patrné i vhodné umístění protiváhy. Tu umístím za klec. Jelikož je u klece převáděcí kladka tak musí být jedna také u protiváhy. Zavěs lan protiváhy a kladku umístím na nosník na vodítka protiváhy. Jelikož jsem osu rámu klece výtahu dal na jednu stranu, mohu volný prostor využít i pro trakční kladku výtahového stroje.



Obr. 5 Schematické vkládání komponent

1 – rám s klecí; 2 – protiváha; 3 – převaděcí kladky v hlavě

Po vložení převaděcích kladek mezi osami lan u kladek vznikl prostor přibližně 242 mm. Jelikož trakční kladky pohonu jsou standardizovány na průměry 210, 240 a 320 mm apod., ideální volbou je tedy použití 240 mm trakční kladku výtahového stroje.

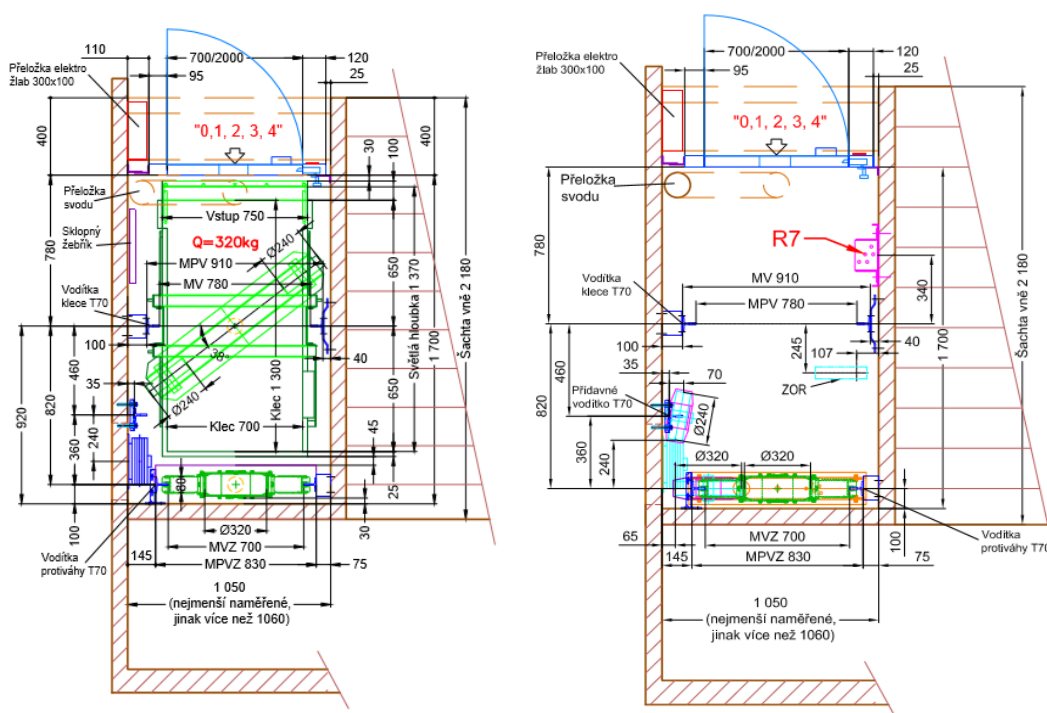
Vzhledem k rozměrům šachty nelze výtahový stroj umístit jinak než do úrovně nejnižšího nástupiště s tím, že bude částečně zasahovat mimo šachtu.

Při měření bylo zjištěno, že část, kde by výtahový stroj vyčníval z šachty, je volně přístupná. U dvou vchodů je prostor pro strojní zařízení přístupný z bývalé prádelny a u třetího vchodu vyčnívající výtahový stroj zasahuje do vstupní chodby budovy. Opět je tento prostor přístupný a v místě výtahového stroje není nic umístěno.

Šachetní dveře odpovídají šířce klece. Tudíž mají vstup 700 mm. Hloubku kabiny výtahu volím 1 300 mm. Mezi kabinou a protiváhou musí být minimálně 50 mm. S kabinou s hloubkou 1 300 mm mám tento prostor 75 mm, což je vhodná rezerva kvůli křivosti šachty.

Stejným způsobem jsem schematicky vkládal komponenty i do příčného řezu šachty. Tím jsem zjistil, do jaké výšky přibližně umístit převáděcí kladky a nosník nad protiváhou. Také jsem zjistil, že vhodná prohlubeň by byla přibližně 1 000 mm.

Výsledkem návrhu jsou dispoziční výkresy (Obr. 6) šachty pro stavební povolení a vyřízení dotací. Tento návrh zákazník odsouhlasil s tím, že splňuje veškeré požadavky.



Obr. 6 Ukázka dispozičních výkresů pro stavební povolení
a) řez šachtou v přízemí; b) řez technologií v hlavě šachty

Jelikož se nad šachtou nenachází uzamykatelný prostor pro strojní zařízení a ani prostor, kde z šachty vyčnívá motor, není uzamykatelný, jedná se o výtah bez strojovny. Použité lanování tohoto bezstrojovnového výtahu je 2:1.

Při použití kladek nad klecí a protiváze s výtahovým strojem v hlavě by nebylo nutné použít převáděcí kladky. V mém případě je výtahový stroj umístěn dole a je nutné mít v hlavě šachty převáděcí kladky. Jednu na straně klece a druhou na straně protiváhy.

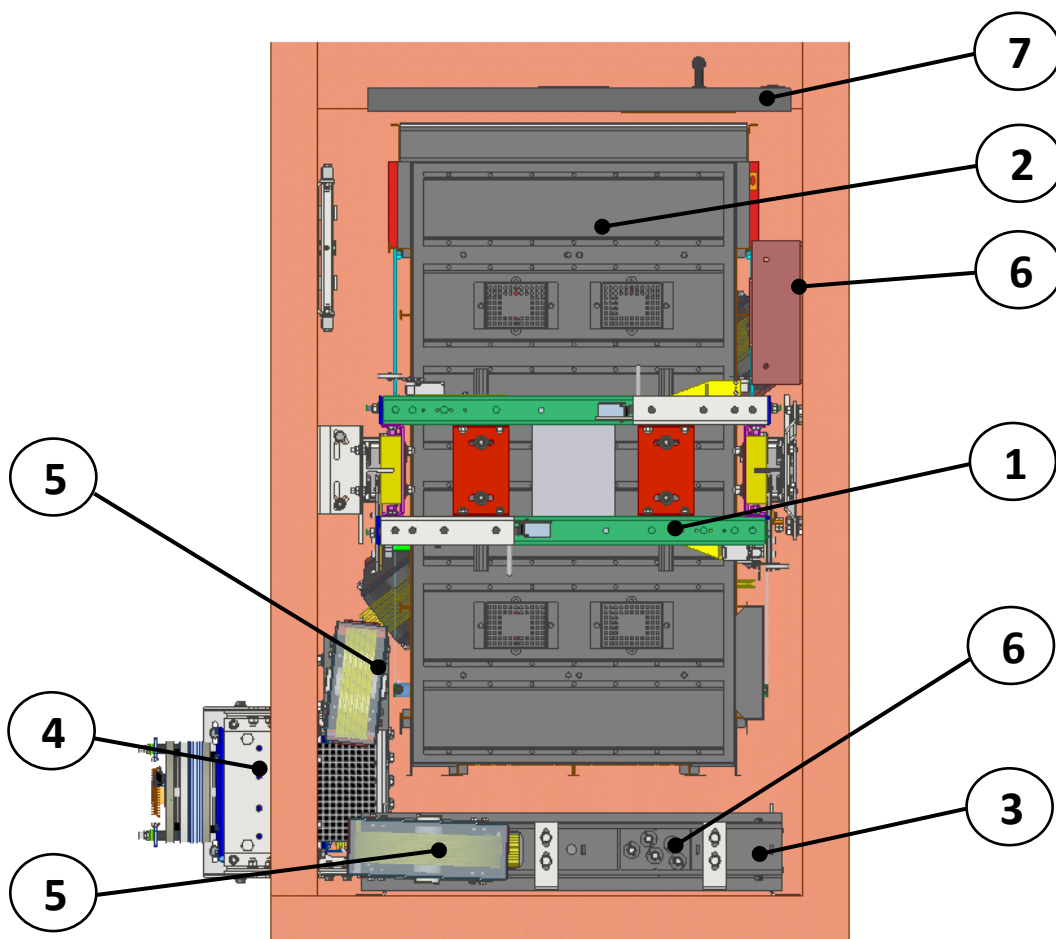
4 Konstrukční návrh

Výsledkem mé práce je návrh (Obr.8) konstrukčního řešení výtahu bez strojovny nad šachtou. Tento návrh vznikl na základě prvotního návrhu na stavební povolení.

Pro 3D modelování jsem použil program Inventor 2019 od společnosti Autodesk.

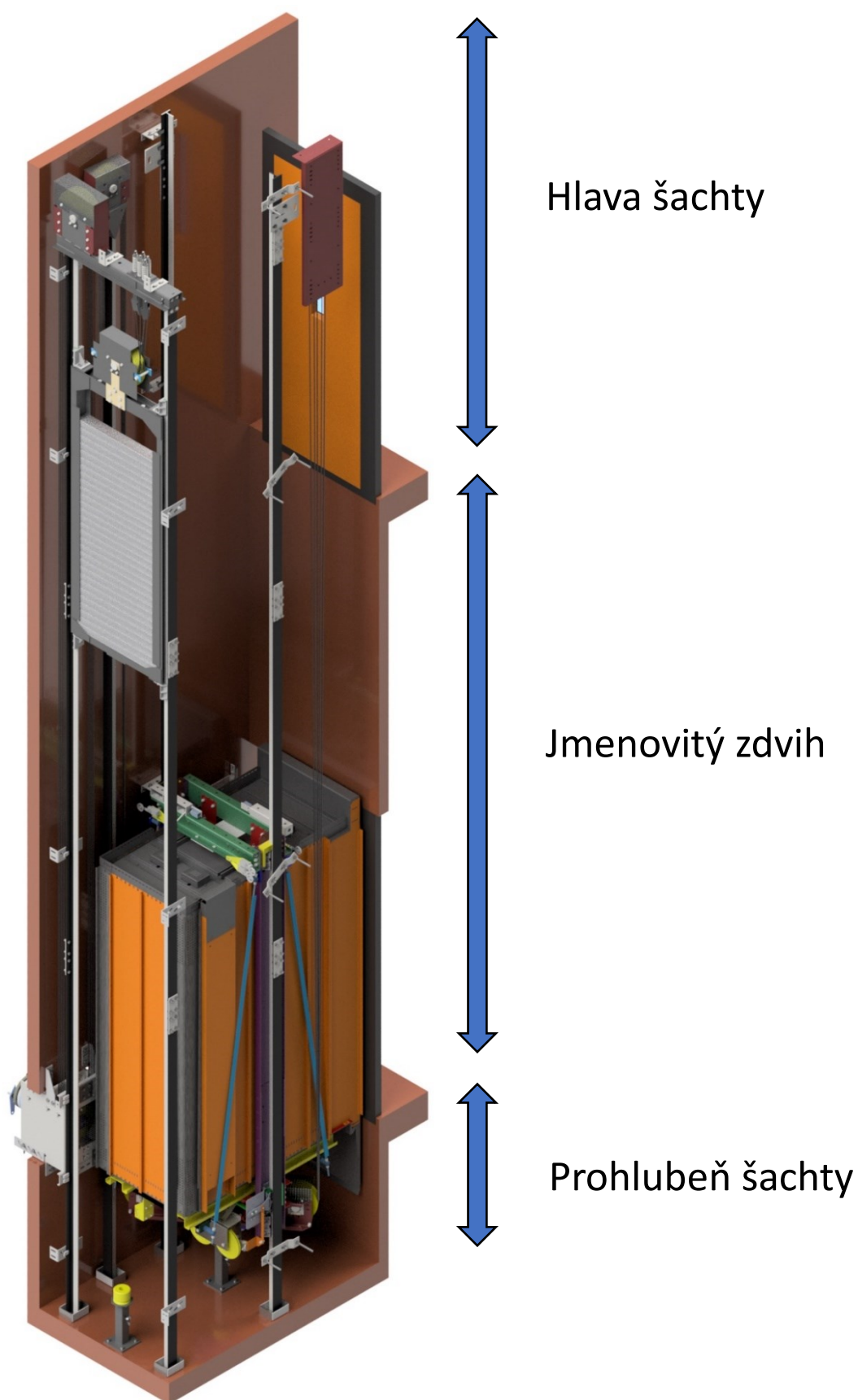
Kombinací programů Autocad a Inventor jsem zvolil kvůli rozdílnému způsobu kreslení. V Autocadu jsem si rychle a schematicky navrhl, jak zhruba bude šachta vypadat a v Inventoru jsem už přesně věděl kde vkládat komponenty a v jakých délkách nebo vzdálenostech (Obr. 7).

Při práci bylo důležité dodržovat normu ČSN 81-20, která stanovuje bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů.



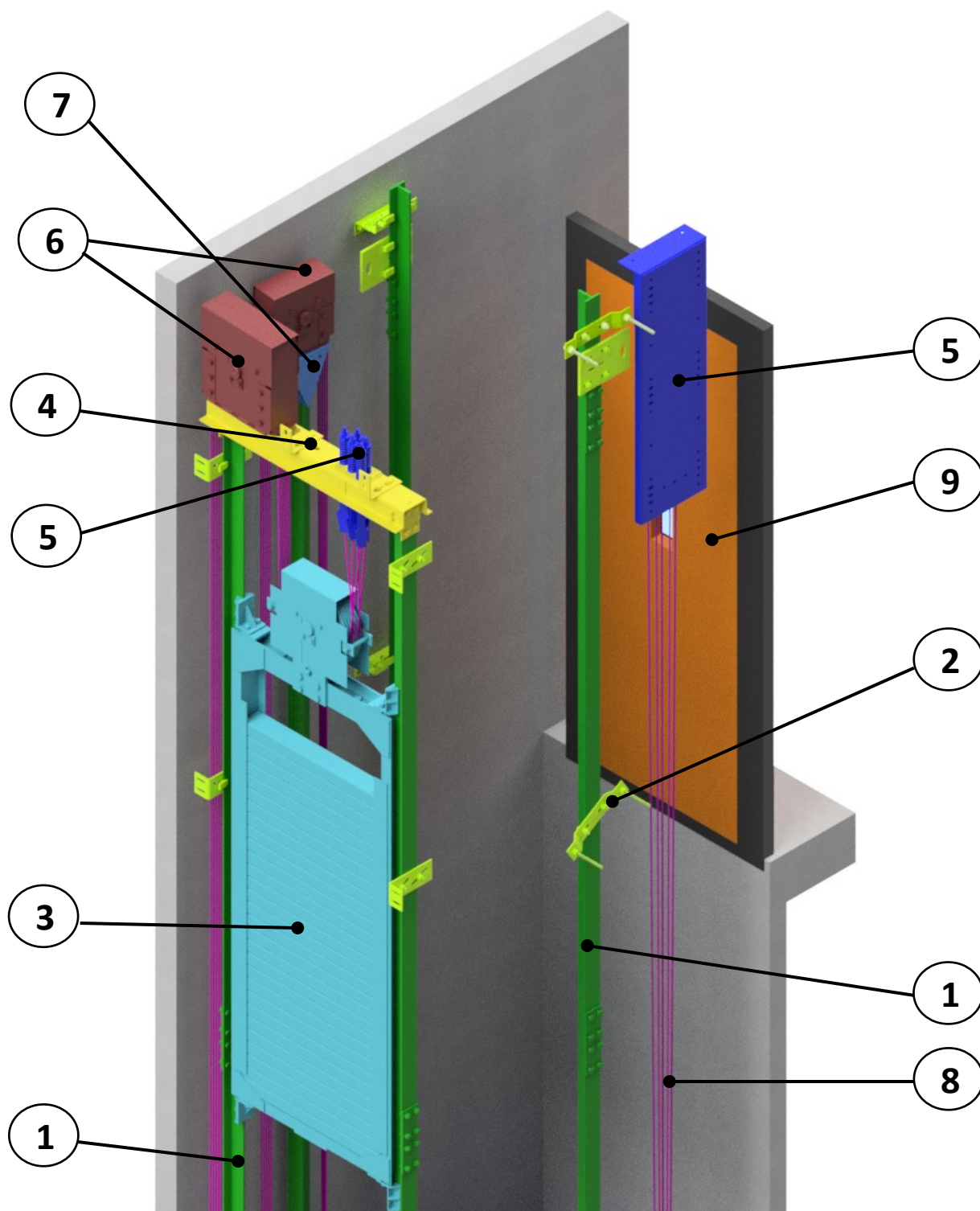
Obr. 7 Pohled na uspořádání technologie

1-rám klece; 2 – klec; 3 – nosník nad protiváhou; 4 – výtahový stroj; 5 - odkláněcí kladka; 6 – závěs lan; 7 – šachetní dveře



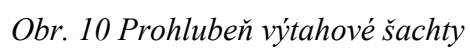
Obr. 8 Vizualizace výtahové šachty

Pro lepší orientaci jsem konstrukční návrh rozdělil na hlavu (Obr. 9) a prohlubeň (Obr. 10), kde jsem barevně odlišil jednotlivé komponenty.



Obr. 9 Hlava výtahové šachty

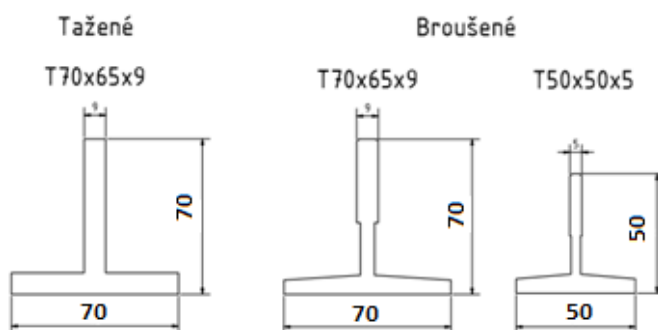
1 – vodítka; 2 – kotvení vodítek; 3 – protiváha; 4 – nosník nad protiváhou; 5 – závěs lan; 6 – odkláněcí kladka; 7 - držák odkláněcí kladky; 8 – lana klece; 9 - šachetní dveře



21

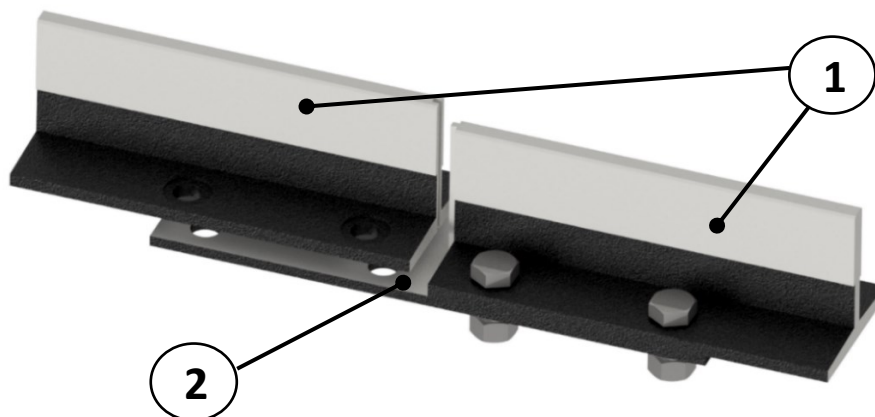
4.1 Vodítka klece a protiváhy

Vodítka slouží k vedení klece výtahu a vyvažovacího závaží. Klec a protiváha musí být vedeny nejméně dvěma ocelovými vodítky. Vodítka musí být z oceli buď tažené, nebo strojově opracované (Obr. 11). Nejčastěji se používají vodítka ocelová s broušenou vodicí částí. Vyrábějí se nejčastěji v 5 a 2,5 metrových délkách. Z důvodu špatného přístupu do výtahové šachty volím variantu 2,5 m pro snadnější manipulaci v úzkých domovních chodbách. Vodítka mají na svém konci otvory pro spojení dvou vodítek. Konce vodítek se liší tím, že na jednom svém konci mají drážku a na druhém péro. Díky tomu vzniká přesné napojení vodítek. Vodítka se spojují pomocí spojek (Obr. 12), které šroubovými spoji připevní vodítka.



Obr. 11 Řezy vodítek

Pro můj návrh využiji vodítka klece a protiváhy T70x65x9. Kdyby se jednalo o provedení výtahu se strojovnou, byly by pro protiváhu dostačující vodítka T50x50x5. Jelikož na vodítkách protiváhy bude nosník se závěsem lana, musí být vodítka dostatečně únosná. Prvotní volba vodítek byla podle zkušeností a dále se podložila výpočtem (kapitola 7.1.)



Obr. 12 Spojování vodítek

1 – vodítka; 2 – spojka vodítek

Jelikož plocha vodítka, která by se dotýkala dna prohlubně, je velmi malá, tak se pro zvětšení plochy umísťuje vodítko do misky z profilu U120, která lepe roznese zatížení vodítka. Do misky se ještě k vodítku umístí plastový lapač oleje.

Vodítka se upevňují ke stěnám šachty pomocí vhodných ocelových konzol (Obr. 13). Konzola je částečně regulovatelná a upevňuje se ke zdi pomocí kotev nebo závitových tyčí na chemickou maltu. Kotvení vodítek se provádí standardně co patro, což je přibližně 2 800 mm. Tento rozsah se projevuje ve výpočtu. Více namáhaná vodítka musí být kotvena v častějších intervalech.

Ke konzole se vodítko upevňuje pomocí příchytok (Obr. 14). Ty jsou zkonstruovány tak, že jedna část příchytky se zapře o konzolu a utahováním matice dochází ke sevření vodítka. Příchytky se používají vždy v páru



Obr. 13 Kotvení vodítek ke stěnám šachty



Obr. 14 Příchytka pro vodítko T70

4.2 Rám s klecí a příslušenstvím

Rám s klecí je jedna z hlavních sestav u výtahu, která umožňuje vertikální pohyb klece ve výtahové šachtě. Pro plynulý chod je nutné dodržovat přesné ustavení vodítek ve výtahové šachtě. Nejvíce bezpečnostních prvků se upevňuje právě na rám nebo klec a je proto nutné už při projektování znát veškeré rozmístění bezpečnostních komponent. Úprava na místě není nemožná, ale je zbytečně komplikovaná.

4.2.1 Rám klece

Tento rám (Obr. 15) je konstruovaný pro použití v nízkých hlavách šachty, a to nejméně o výšce 2,6 metrů. Jízda v nízkých hlavách šachty je možná díky umístění kladek na spodní části klece.

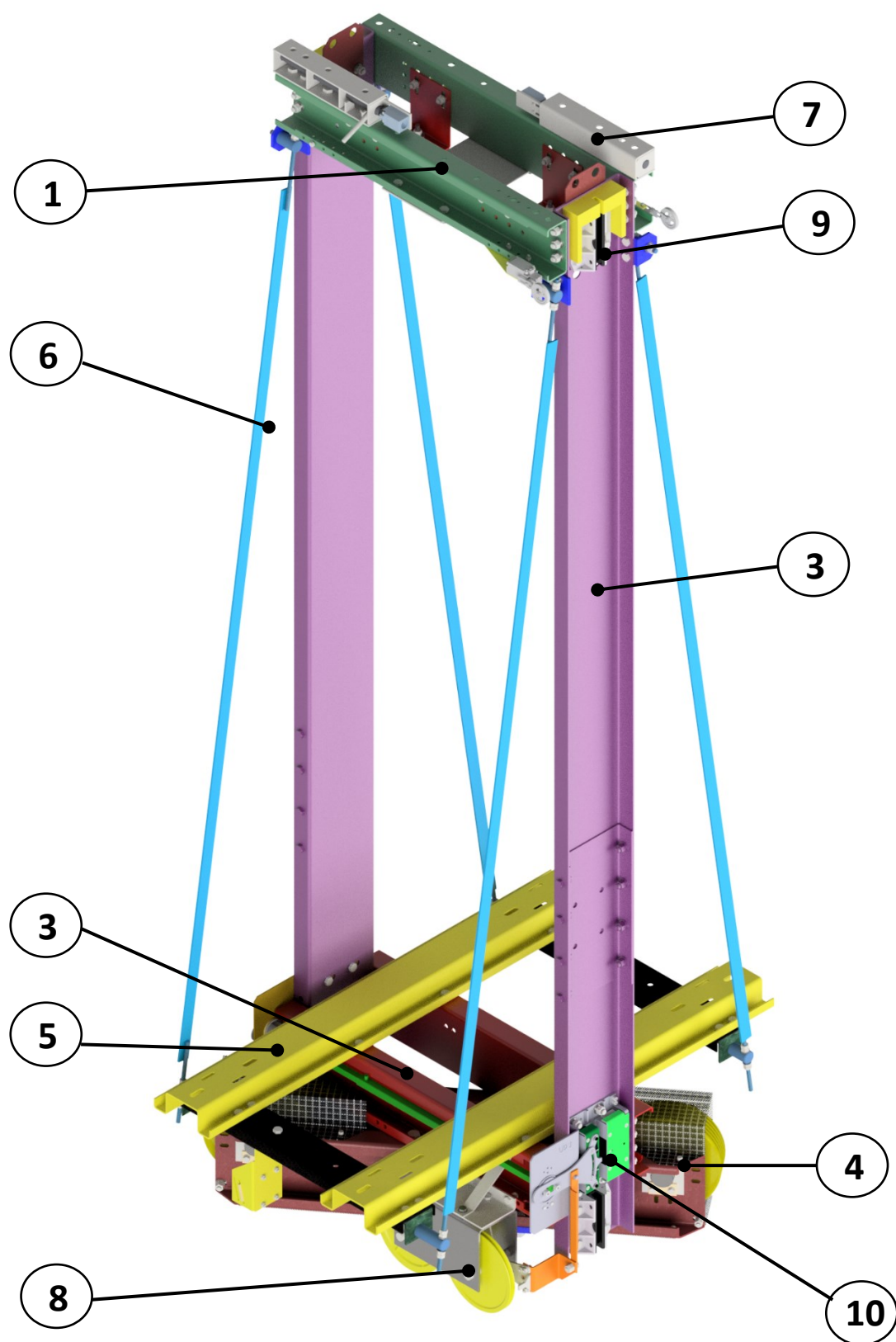
Konstrukce rámu je tvořena ohýbaným ocelovým plechem ve většině případu o tloušťce 4 mm. Aby bylo možné rám na stavbě sestavit, je dopravován rozložený do několika bloků. Na stavbě se do vodítek nejdříve usadí oba boční nosníky tak, aby vodicí čelisti zapadly do vodítek. Poté se přišroubují horní nosníky. Tato sestava se zvedne do takové výšky, aby bylo možné upevnit spodní nosníky a nosníky s kladkami. Nakonec se přimontují ližiny rámu a šikmé tahy. Šikmé tahy mají na koncích závitové tyče, které slouží k seřízení.

Ve finální fázi montáže výtahu se na ližiny rámu upevní kabina. Ta není upevněna k ližinám rámu napevno, ale je mezi ně vložena vážící jednotka.

Při jiné variantě vážení by se k upevnění kabiny s rámem použily silentbloky.

Šikmé tahy zajišťují dostatečnou tuhost rámu i na krajích ližin. Díky natočení nosníků s kladkami působí zatížení ve středu rámu. Nerovnoměrné zatížení rámu by mělo za následek zvýšené opotřebení silikonové vložky vodicích čelistí.

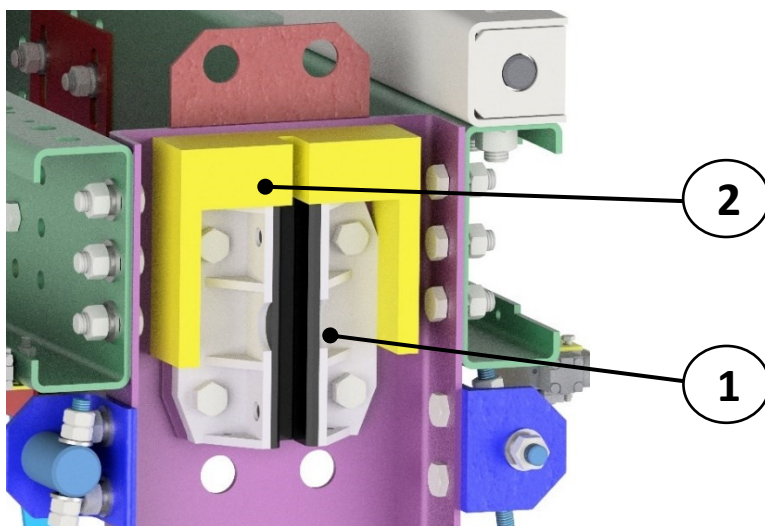
Na horním nosníku je upevněna většina mechanických a magnetických snímačů.



Obr. 15 Rám klece

1 – horní nosník; 2 – boční nosník; 3 – spodní nosník;
 4 – nosník s kladkami; 5 – ližina; 6 – šikmé tahy; 7 – stavěcí čepy;
 8 – omezovač rychlosti;
 9 – vodící čelist; 10 - zachycovače

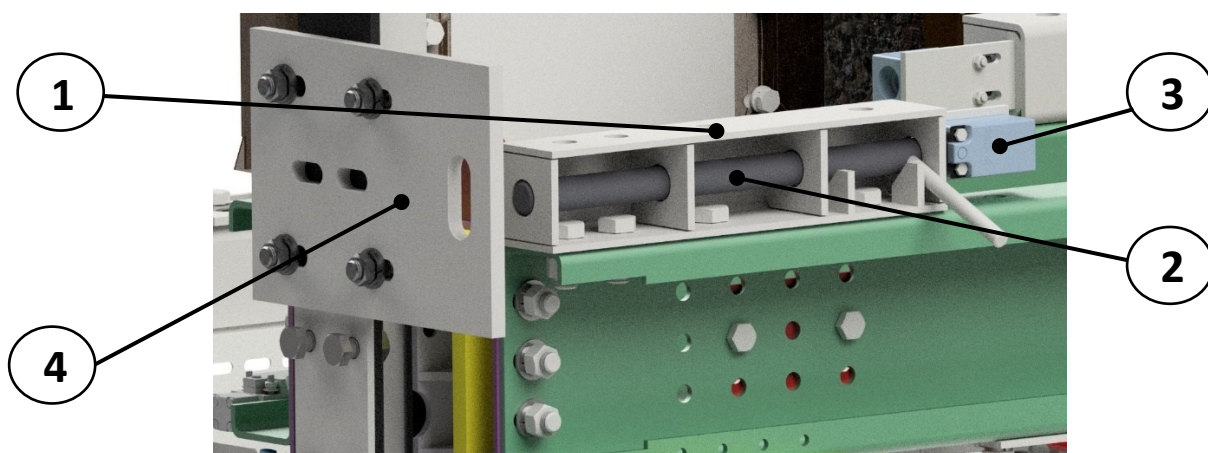
Kluzné spojení rámu s vodítky je zajištěno pomocí vodicích čelistí (Obr. 16). Ty jsou opatřeny silikonovou vložkou pro snížení tření. Pro snížení tření a opotřebení vodicích čelistí musí být vodítka mazána. To se provádí pomocí tzv. samomazů, které jsou umístěny nad horní vodicí čelisti. Samomaz má tvar podkovy, v níž je uchováváno mazivo. Mazání provádí filcová vložka, která knotem nasává mazivo ze samomazu. Při případném opotřebení silikonové vložky ve vodicí čelisti jej může údržba snadno vyměnit



Obr. 16 Vedení rámu

1 – vodicí čelist; 2 – samomaz

Pomocí stavěcích čepů (Obr. 17) může být rám zajištěn proti pohybu v horní části šachty při výměně lan nebo při opravě převáděcích kladek. Čep se zasune do otvoru v záchytné desce, která je upevněna k vodítkům pomocí příchytek. Aby se zabránilo velkému namáhání příchytek a nedocházelo ke skluzu záchytné desky, umísťuje se deska nad spojku vodítka.



Obr. 17 Stavěcí čepy

1 – tělo; 2 – čep; 3 – spínač; 4 – záchytná deska

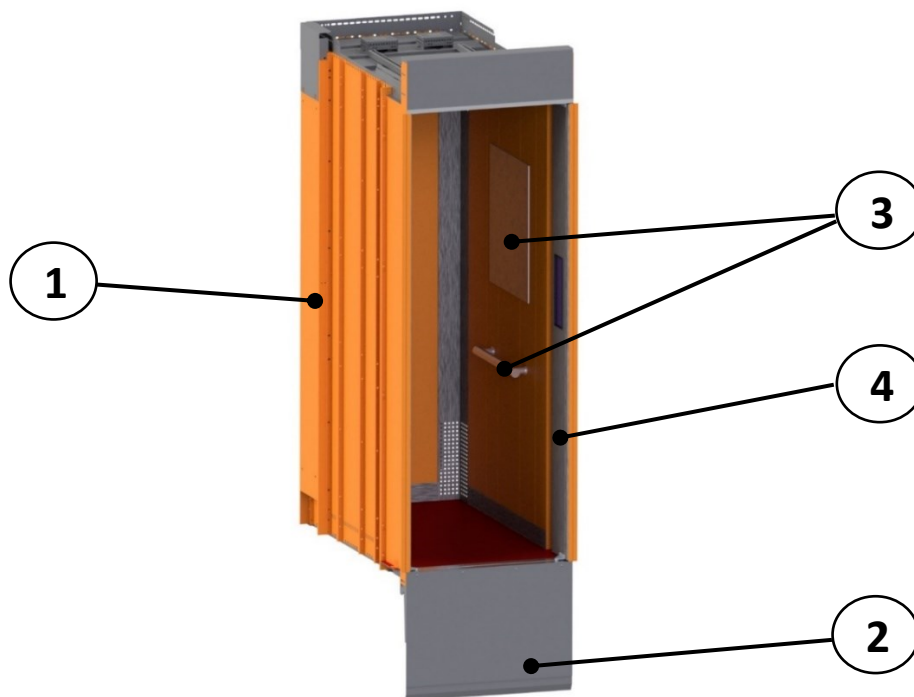
4.2.2 Kabina výtahu

Klec (kabina) výtahu (Obr. 18) je část výtahu, ve které jsou přepravovány osoby, popřípadě náklad, a je na ni tím pádem kladen největší důraz na bezpečnost. Stěny kabiny jsou z ocelového plechu nebo nerez. Kabina musí být dostatečně tuhá a nesmí obsahovat výstupky, které by mohly přepravované osoby zranit. Podlaha kabiny musí být z protiskluzového materiálu. Nejčastěji se jedná o měkčený vinyl v různě barevném provedení.

Ovládací panel zapuštěný ve stěně obsahuje kromě voleb stanic také tlačítko pro otevření dveří a nouzové přivolání záchrany. Dodatečné vybavení ovládacího panelu může být tlačítko zavření dveří nebo například zámek (čip) proti neoprávněné jízdě.

Kabina musí obsahovat kabinové dveře, které brání při jízdě přepravovaným osobám kontakt s komponenty v šachtě (dveře, konstrukce šachty apod.). Větrání kabiny je umožněno otvory v rozích. Podlaha je s rámem spojena přes jednotky vážení. Kabina je široká 700 mm a hluboká 1 300 mm. Nejmenší dovolená výška kabiny je 2 000 mm. Pro vysoké hlavy se používá výška 2 130 mm. V tomto případě nízké hlavy je použita výška 2 030 mm.

Pod kabinovými dveřmi musí být umístěna prahová deska pro bezpečné vyproštění osob při poruše výtahu.



Obr. 18 Kabina výtahu

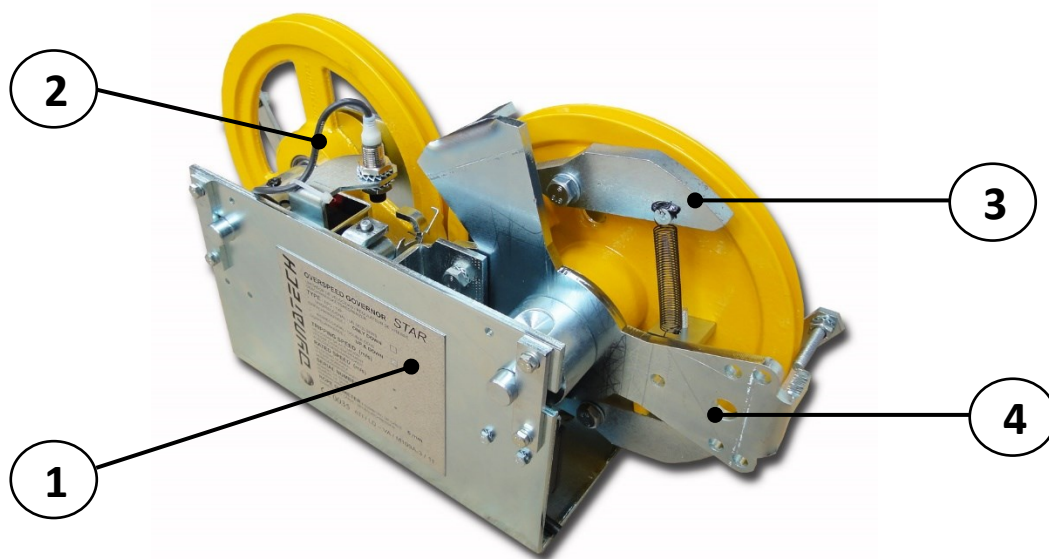
1 – ovládací panel; 2 – prahová deska; 3 – doplňky kabiny; 4 – kabinové dveře

4.2.3 Omezovač rychlosti

Toto zařízení slouží jako bezpečnostní prvek, který při dosažení 125% rychlosti klece výtahu vypne pohon. A je-li to nutné, uvede v činnost zachycovače. Zachycovač je připevněný ke kabině nebo rámu nad nebo pod něj. V mém případě je umístěn pod rámem klece. Přes kladky omezovače prochází lanko, které je upevněno na jedné straně ke stropu šachty a na straně druhé k podlaze šachty pružinovým napínacím zařízením. Spojení mezi omezovačem rychlosti a zachycovačem je mechanický pomocí táhla.

Omezovač rychlosti STAR firmy Dynatech (Obr. 19) obsahuje dvě kladky, kde u první je snímána rychlost enkodérem a u druhé se nachází vybavovací mechanismus (tzv. hvězda). V situaci, kdy je dosažena kritická rychlost klece, čelistový mechanismus na kladce se zasekne do hvězdy. Tato akce má za následek pootočení vybavovacího mechanismu, která má za následek jak sepnutí spínače, který vyhodnotí systém a vypne motor, tak samotnou aktivaci zachycovačů.

Tento omezovač je schopen pracovat při pohybu klece směrem nahoru i dolů.

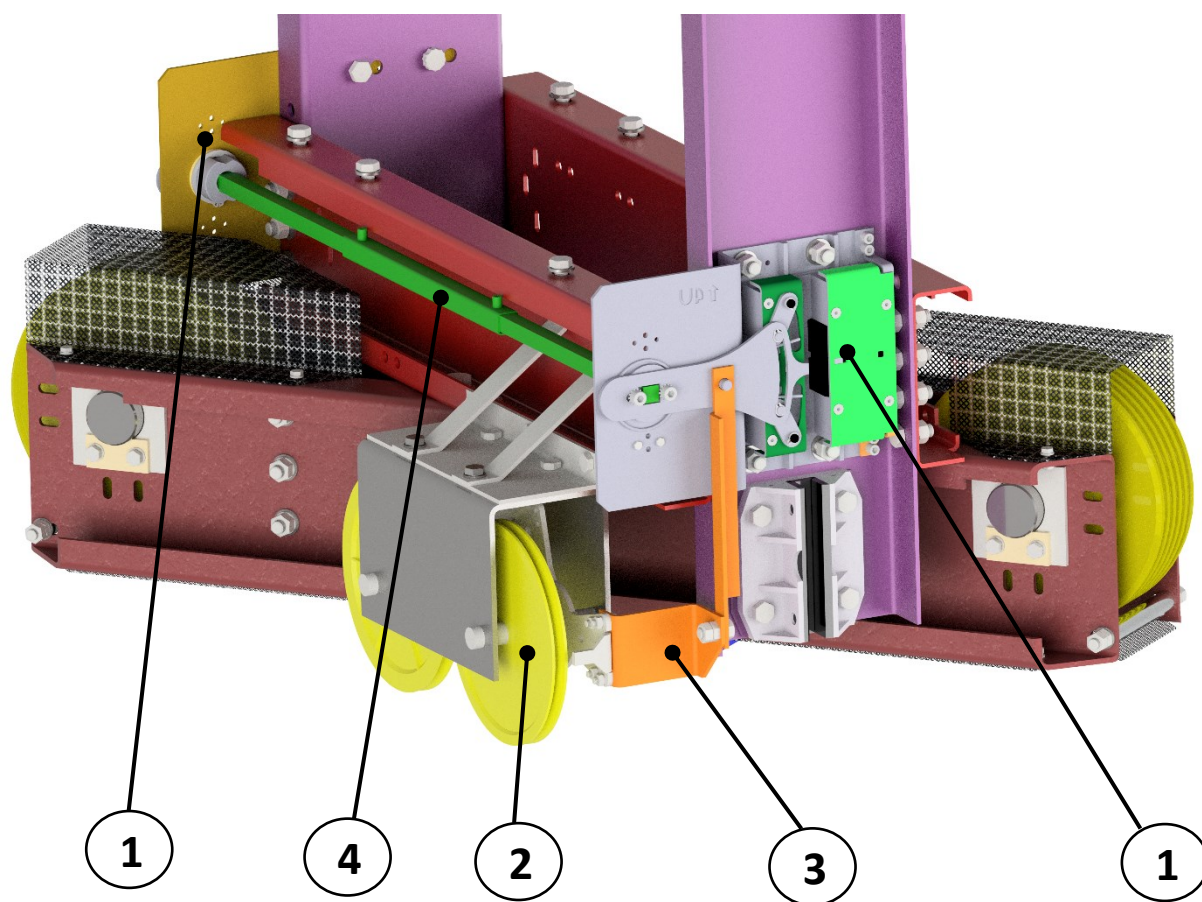


Obr. 19 Omezovač rychlosti STAR

1- tělo omezovače; 2 – kladka s enkodérem; 3 – kladka s čelistmi; 4- vybavovací mechanismus (hvězda)

4.2.4 Zachycovače

Dalším bezpečnostním komponentem je zachycovač (Obr. 20). Druh zachycovače je určen už samotnou konstrukcí rámu. Na mnou použitým rámu je umístěn zachycovač ASG 120 UD od španělské společnosti DYNATECH. Pro správnou funkci musím volit ze správné podkategorie tohoto zachycovače (Tab. 1). Volba správné kategorie zaleží na celkové hmotnosti rámu, klece, dveří a příslušenství a celkovou nosností výtahu (kapitola 7.1). Poté najdu interval, který splňuje můj výsledek. V mém případě pro celkovou hmotnost 905 kg zvolím zachycovač s hodnotou P+Q 944.



Obr. 20 Propojení omezovače se zachycovačem

1 – zachycovač; 2 – omezovač rychlosti; 3 – táhlo; 4 – spojovací zařízení T25 UD

ASG 120 UD		
<i>min</i>	<i>P+Q</i>	<i>max</i>
642	693	744
723	781	839
803	868	933
874	944	1014
981	1060	1139
1107	1196	1285
1197	1293	1389
1332	1440	1548
1542	1667	1792
1720	1859	1998
1952	2110	2268
2253	2435	2617
2524	2728	2932
2799	3025	3251
3025	3270	3515
3417	3693	3969
3916	4233	4550

Tab. 1 Hodnoty zachycovačů ASG 120 UD

Zachycovače musí být na obou vodičkách klece. Jelikož táhlo omezovače rychlosti je pouze na jedné straně, tak oba zachycovače musí být propojeny. Propojení se provádí pomocí spojovacího zařízení. Pro ASG 120 UD je spojovací zařízení T25 UD.

Mechanismus zachycovače obsahuje zubové čelisti, které se v případě aktivace zaseknou do vodička. Pro jejich aktivaci je nutná inicializace od omezovače rychlosti. Ta je zajištěna táhlem od mechanismu omezovače rychlosti.

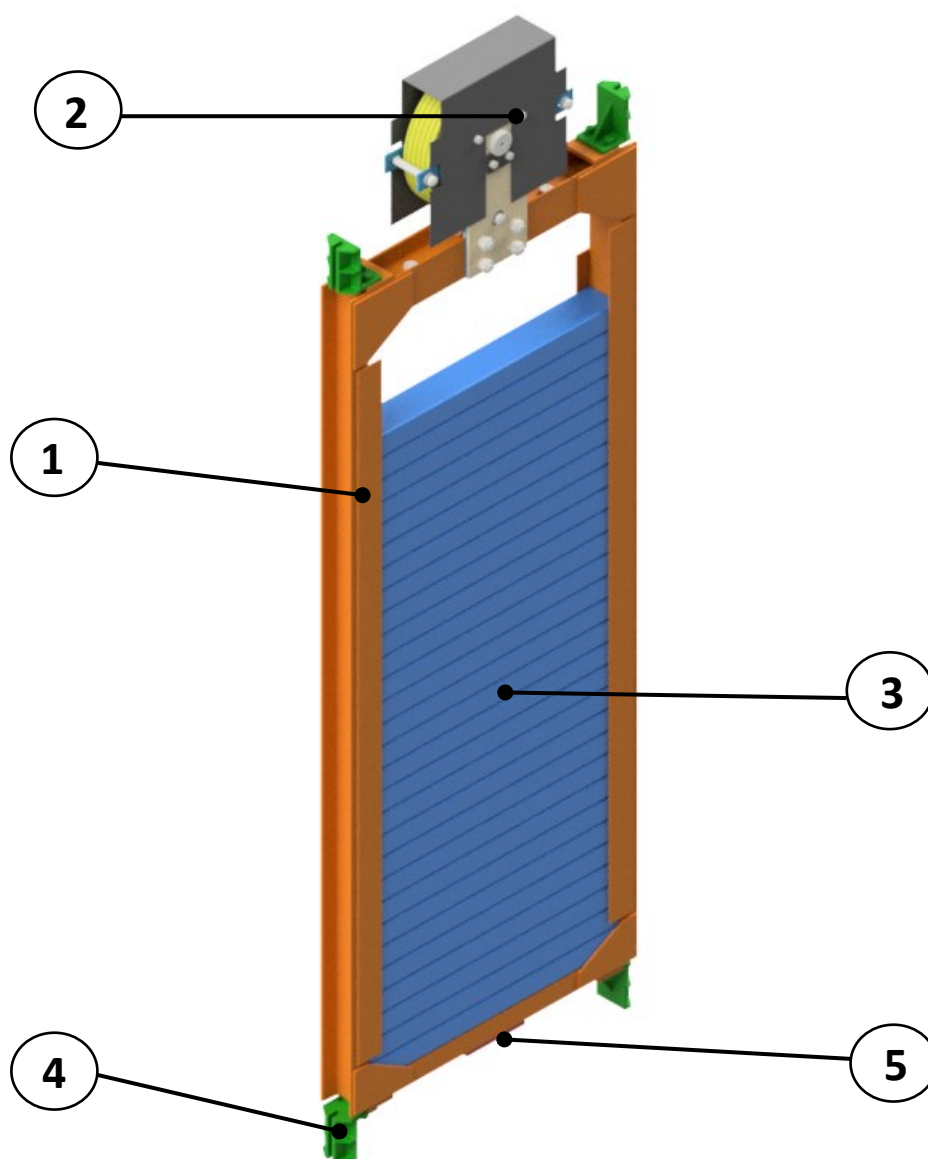
Zubové čelisti mohou být použity pro zachycení pouze 3x. Jelikož je při prvotní zkoušce, při uvedení do provozu, vyzkoušena funkčnost zachycovačů, jsou pro další provoz možná pouze dvě další zachycení. Pak je nutná výměna zubových čelistí.

4.3 Protiváha

Protiváha (Obr. 21) slouží k vyvažování rámu s klecí a tím šetří energii. Hmotnost protiváhy jsem zjistil výpočtem (kapitola 7.1). V mém případě je hmotnost protiváhy 745 kg.

Hlavní konstrukce protiváhy je tvořena ocelovými profily U80, kde v horní části je umístěna kladka o průměru 320 mm. Kladkový závěs protiváhy se používá u lanování 2:1. Při lanování 1:1 by závěsné šrouby lana byly uchyceny k horní části protiváhy.

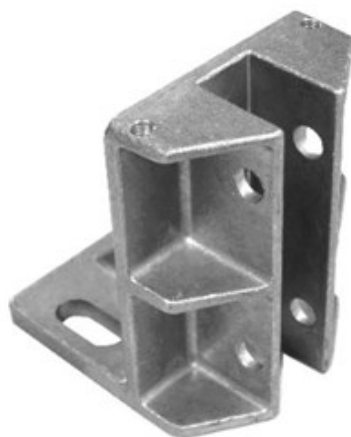
Na spodní části protiváhy se nachází deska nárazníku. Ta zajišťuje kontakt s pryžovým nárazníkem umístěným v prohlubni.



Obr. 21 Protiváha

1 – rám; 2 – kladkový závěs; 3 – výplň; 4 – vodící čelisti, 5 – deska nárazníku

Stejně jako u klece musí být protiváha opatřena vodicími čelistmi (Obr. 22) se silikonovými vložkami. Na rozdíl od vodicích čelistí klece nejsou ty na protiváze tak únosné. Je to dáno tím, že protiváha není zatěžována bočními silami jako klec.



Obr. 22 Vodicí čelist ETN WSMK 100 bez silikonové vložky

Na horních vodicích čelistech jsou stejně jako u klece umístěny samomazy (Obr. 23). Ty se upevňují na horní vodicí čelisti



Obr. 23 Samomaz TECHNICO 3010

Pokud se pod šachtou nenachází průchozí prostory, nemusí být použity zachycovače. Použití zachycovačů na protiváze se realizuje minimálně.

Největší hmotnost protiváhy tvoří výplň. Ta se používá ocelová nebo betonová. Vzhledem k rozměrům šachty chci mít úzkou a krátkou protiváhu, volím tedy výplň ocelovou. Ta je tvořena plnými ocelovými profily 80x50 mm o délce 665 mm. 32 kusů této výplně má váhu 668 kg.

Další možností navýšení váhy je přidání krycích plechů výplně. Ty se používají také z důvodu zakrytí ocelové nebo betonové výplně, aby se nemusela povrchově upravovat nátěrem.

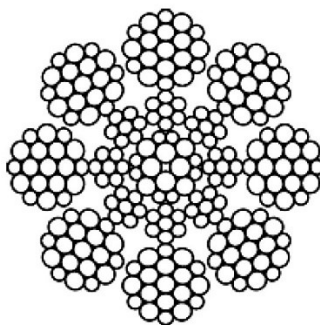
4.4 Lana, závěsy lan a převáděcí kladky

Dle normy ČSN EN 81-20 musí mít výtahová lana minimální průměr 8 mm a kladka musí mít průměr minimálně 40násobek průměru lana. U jednoduchého lanování je to dodrženo, protože se používají nejčastěji lana 8 a 10 mm a pro ně kladky o průměru 320 a 400 mm. Normou povolený průměr lana však není pro složitější lanování vhodný.

4.4.1 Lana

Nosným prvkem výtahu jsou certifikovaná výtahová lana. Pro složitější lanování je vhodnější menší průřez lan, která jsou ohebnější. Tudíž se pro lanování 2:1 nejčastěji používají lana o průměru 6 nebo 6,5 mm. Tato lana nesplňují požadavky normy, ale i přesto mohou být použita. Proto výrobci lan k těmto lanům dodávají dodatečný certifikát, kterým prokazují, že tato lana mohou být použita pro výtahy, a to jak svými rozměry, tak například s kombinací s kladkou, která nemá 40násobek průměru lana.

Pro řešený návrh jsem využil ověřená výtahová lana o průměru 6 mm PAWO 819 W (Tab. 2) od firmy Gustav Wolf. Jedná se o osmipramenné ocelové lano konstrukce Warrington (Obr. 24). Toto lano je speciálně zkonstruováno pro použití na malých trakčních kotoučích a kladkách o průměru 120 mm a více. Toto lano se vyznačuje také nízkým protažením, které je důležité hlavně u lanování 2:1, kde jsou použita dlouhá lana. V mém případě to bude 5 lan o délce 60 metrů. Výpočtem (kapitola 7.2) jsem zjistil že 4 lana by nesplňovala požadavek na maximální tlak v drážce trakčního kotouče pohonu.



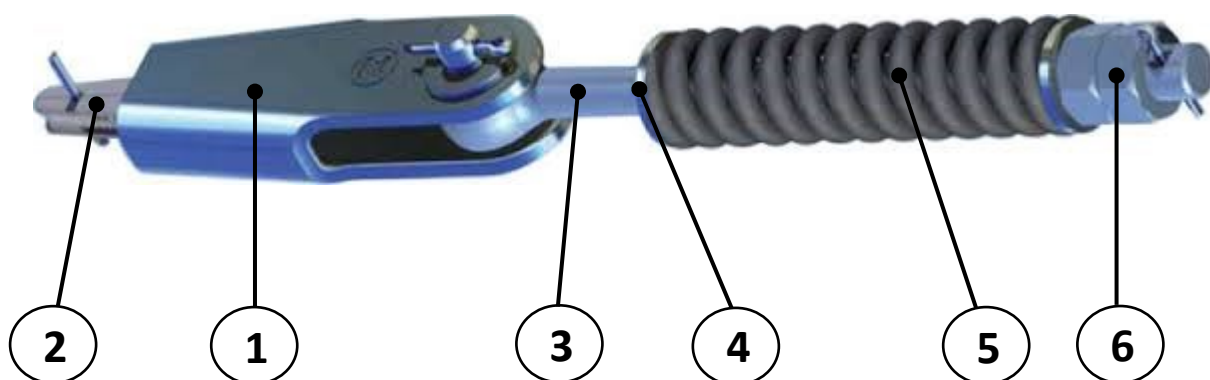
Obr. 24 Konstrukce lana PAWO 819 W

Rope type	rope diameter (mm)	calculated mass (kg/m)	min. breaking load (kN)
819W	6	0,153	25,9
819W	6,5	0,170	31,5
819W	8	0,270	46,0
819W	9	0,340	58,8
819W	10	0,400	70,3

Tab.2 Parametry lana PAWO 819 W

4.4.2 Závěsné šrouby

Výtahová lana se na obou koncích upevňují závěsnými šrouby (Obr. 25). Na straně protiváhy jsou šrouby s pružinou a na straně klece jsou bez pružin. Lano se protáhne tělem závěsu, vytvoří se smyčka a konec lana se opět protáhne z těla závěsu ven. Mezi smyčku se vloží klín (Obr. 26). Když zatáhneme za oba konce lana, klín se zasune do těla závěsu a pevně sevře lano. Jedná se o svěrný spoj, při kterém zatížení lana zaručuje sevření klínu v těle závěsu. Pro pojištění stačí jedna lanová svorka. Pro lana 6 mm se používají závěsné šrouby M12.



Obr. 25 Závěsný šroub Montanari M12

*1 – tělo závěsu; 2 – klín; 3 – šroub s okem; 4 – miska pružiny; 5 – pružina;
6 – matky s jištěním*

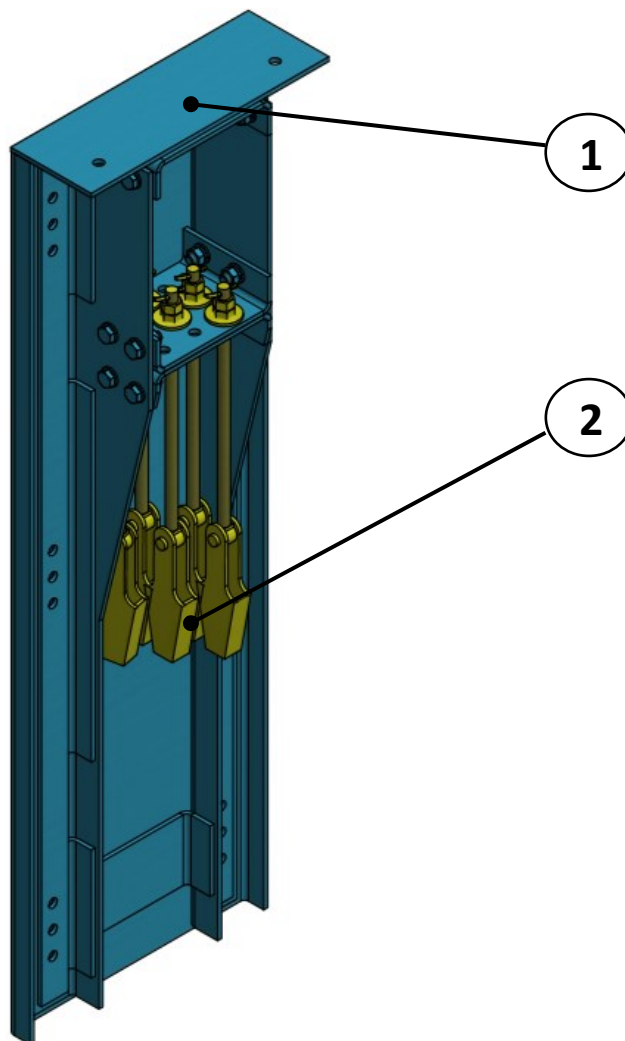


Obr. 26 Vkládání lana s klínkem do tělesa závěsného šroubu

4.4.3 Závěs lan nad klecí

Tento závěs (Obr. 27) slouží k uchycení lan při použití lanování 2:1. Pokud by se jednalo o lanování 2:1 se strojovnou, byly by ve strojovně umístěny nosníky, na kterých by byla deska závěsu. V mém případě se ale jedná o šachtu bez strojovny a je nutné umístit závěs lan klece a protiváhy v samotné šachtě. Závěs klece může mít několik variant. Jednou je uchycení samotného závěsu k vodítkům klece. Druhou možností je upevnění závěsu ke stropu a stěně šachty. V mém případě je strop únosný a mohu volit variantu uchycení závěsu lan klece ke stěně a stropu šachty. Uchycení je provedeno pomocí kotev M12 kotvenými na chemickou maltu.

Závěs klece je pevný, tudíž na závěsových šroubech nejsou umístěny pružiny. Pružiny se neumísťují na straně klece, protože zde potřebujeme plynulý chod a zastavení. Také pro cestující by bylo nepříjemné, kdyby klec po zastavení pružila.



Obr. 27 Závěs lana nad klecí

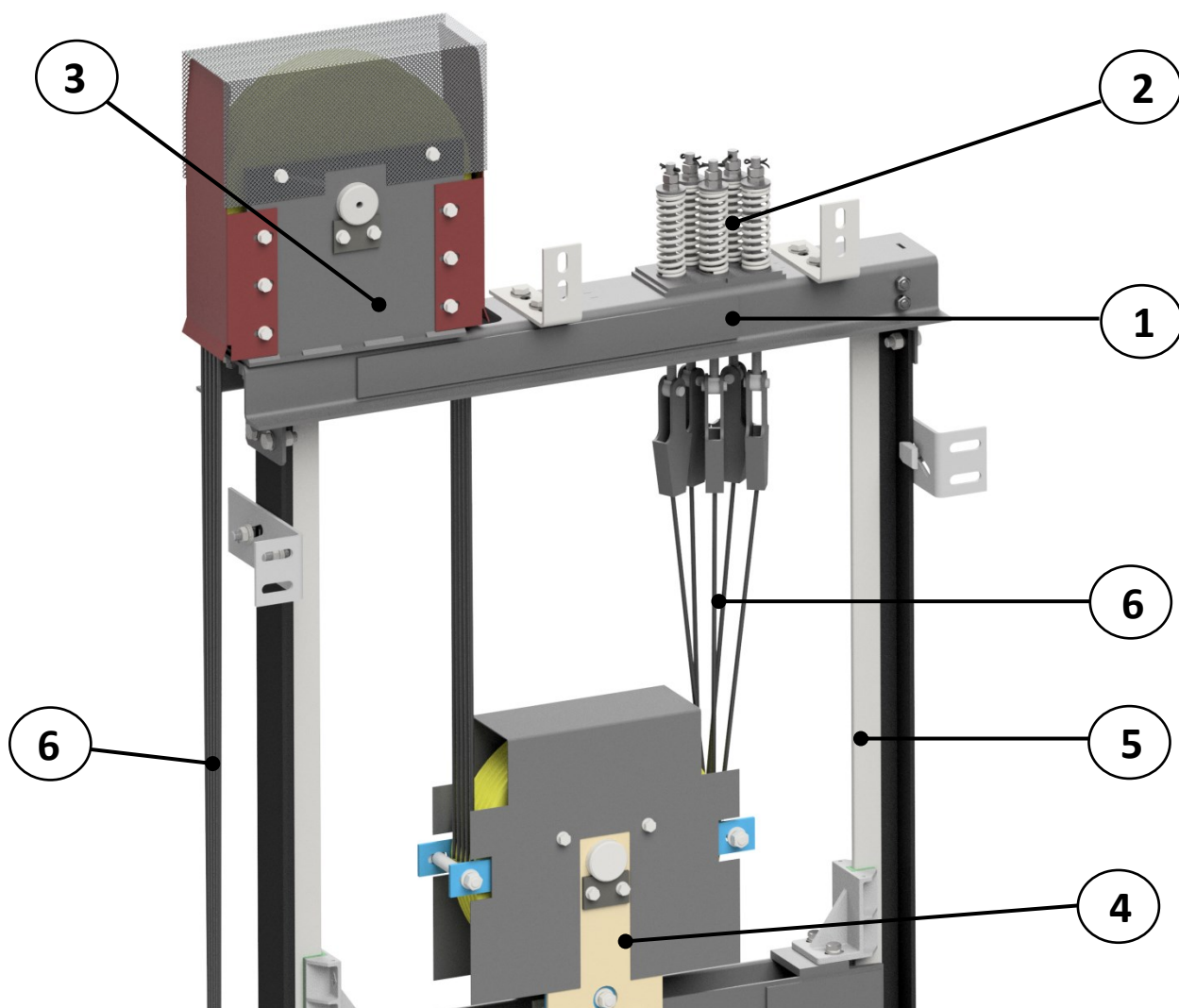
1 - tělo závěsu; 2 – závěsné šrouby bez pružiny

4.4.4 Nosník se závěsem protiváhy

Pro tuto realizaci jsem navrhl nosník, který se upevní na vodítka protiváhy. Tento nosník slouží nejen pro závěs protiváhy, ale také k uchycení převáděcí kladky. Pro kontrolu návrhu jsem využil MKP analýzy.

Závěs lan protiváhy je pružinový a tím pádem závěsné šrouby protiváhy jsou vybaveny pružinami, které tlumí setrvačnost protiváhy při zastavení výtahu.

Pro ukázkou a pochopení funkce nosníku jsem vytvořil vizualizaci (Obr. 28), která zahrnuje všechny komponenty související s nosníkem nad protiváhou.



Obr. 28 Vizualizace nosníku nad protiváhou včetně navazujících komponent

*1 – nosník nad protiváhou; 2 – závěsné šrouby; 3 – držák s kladkou; 4 – protiváha;
5 – vodítka; 6 – lana*

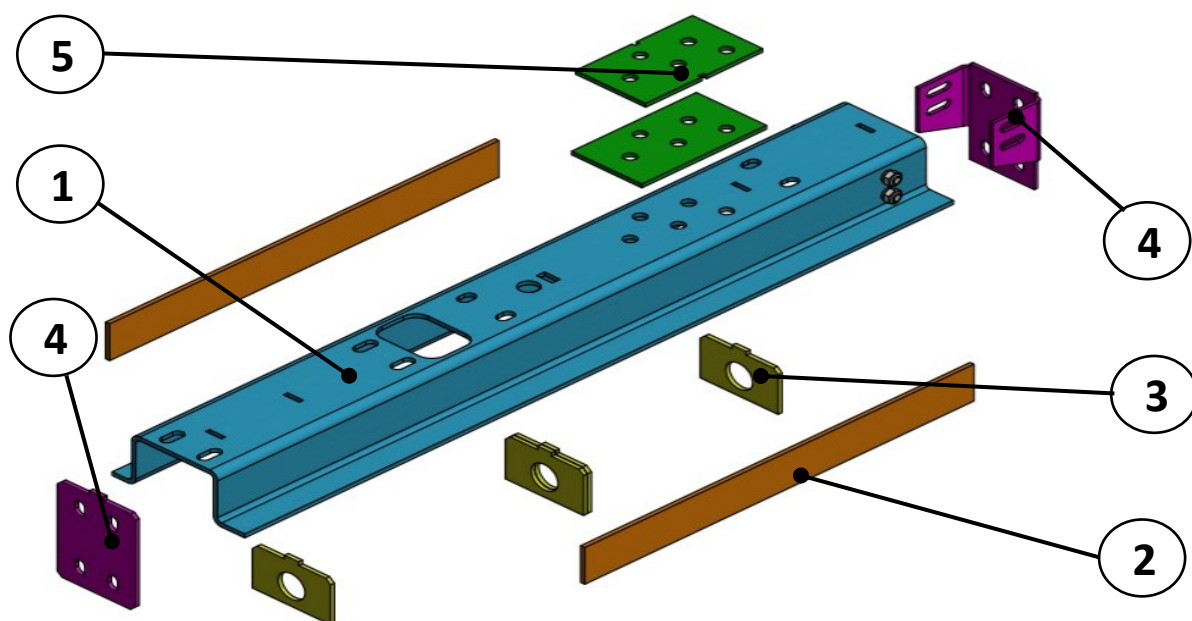
Samotný nosník nad protiváhou (Obr. 29) je tvořen z 5 mm ohýbaného ocelového plechu. Pro zvýšení tuhosti je nosník ohnutý do tvaru připomínající omegu. Pro další zvýšení tuhosti jsou boky nosníku zpevněny přidaným ocelovým pásem. Pro roznesení zatížení od závěsných šroubů lan je v místě upevnění šroubů dodána dodatečná výztuha z dvou plechů tloušťky 5 mm.

Pro vedení lan musí být v nosníku dostatečně velký otvor. Jelikož kladka protiváhy má průměr 320 mm, je osa otvoru pro lana a osa závěsných šroubů od sebe také vzdálena 320 mm.

Ve vnitřní části ohybu nosníku je několik výztuh s otvory. Ty slouží k uchycení ručního lanového navijáku při montáži protiváhy.

Na krajích nosníku jsou patky pro uchycení k vodítkům protiváhy. Jedna patka je k nosníku přivařena již z výroby, druhá je šroubována. Šroubový spoj umožňuje regulaci do stran o hodnotě 20 mm. Regulace je důležitá, protože kotvení vodiček v šachtě má toleranci cca 2 mm pro jedno vodítko. Po přišroubování regulovatelné patky k vodítku je i tato patka nakonec na stavbě přivařena.

Nosník se ještě dodatečně uchyty ke stěnám šachty pomoci konzol ve tvaru L.



Obr. 29 Nosič nad protiváhou

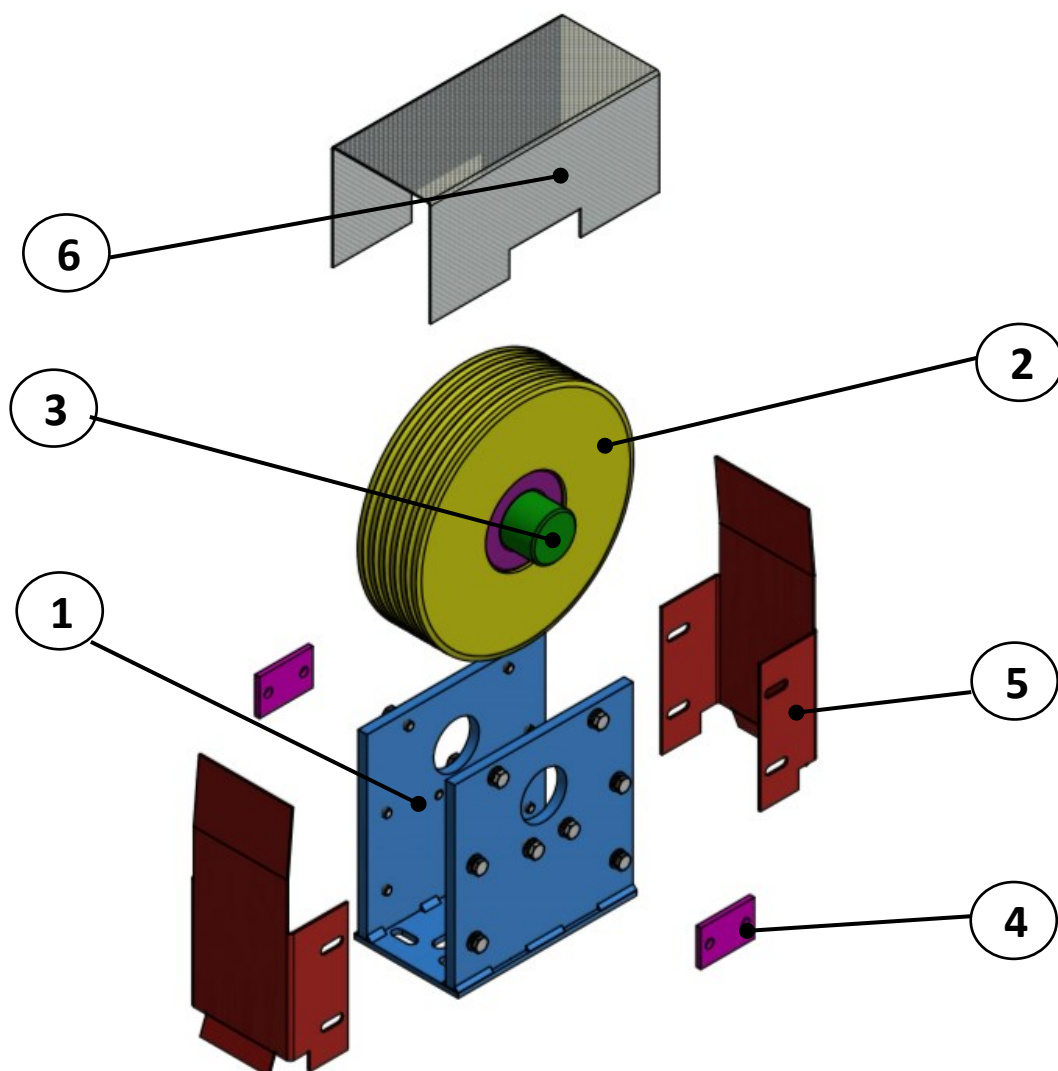
1 – nosník; 2 – boční výztuha; 3 – vnitřní výztuha; 4 – patky; 5 – desky závěsu

4.4.5 Převáděcí kladky

U řešeného návrhu jsou použity dvě převáděcí kladky (Obr. 30). Ze strany klece je kladka o průměru 240 mm a ze strany protiváhy je kladka o průměru 320 mm. Až na velikost jsou obě konstrukce převáděcích kladek totožné. Vždy se jedná o plastovou kladku s ložiskem a čepem uloženou v domečku.

Čep kladky má na obou koncích drážku, do které se zasune příložka. Ta slouží jako pojištění proti vypadnutí.

Aby se zabránilo vniknutí cizích předmětů do rotující části, je držák kladky vybaven bočním krytem z plechu a vrchním krytem z perforovaného plechu kvůli kontrole.

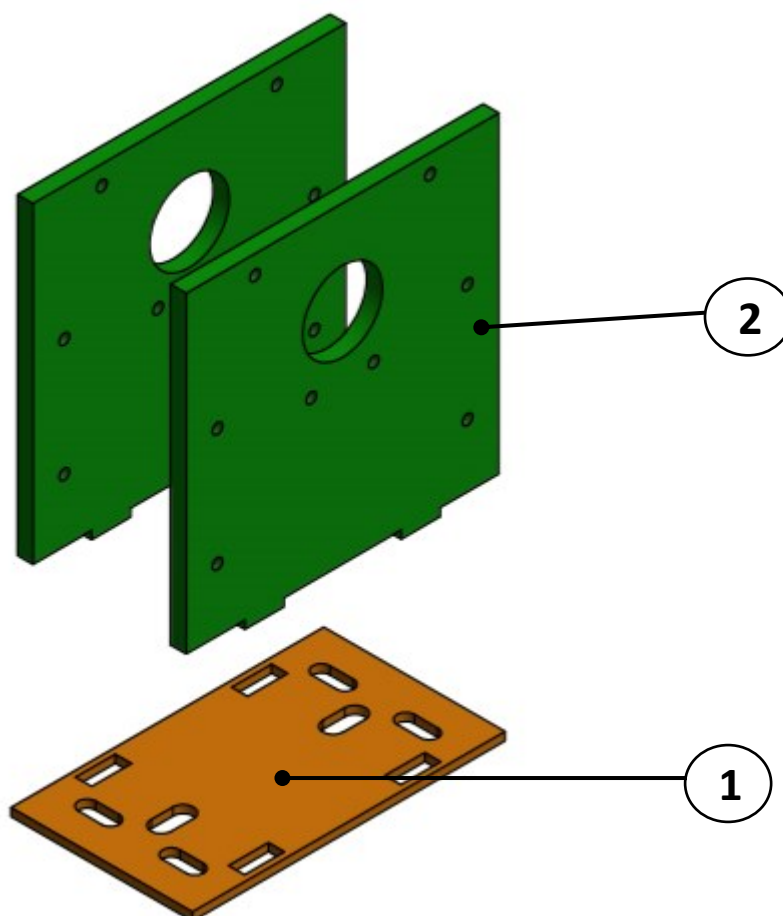


Obr. 30 Převáděcí kladka

1 – domeček; 2 – kladka s ložiskem; 3 – čep; 4 – příložka; 5 – boční kryt; 6 – horní kryt

Domeček je vyroben ze tří dílů (Obr. 31), spodního dílu (základny) a dvou bočnic. Tloušťka bočnic 10 mm je nutná kvůli rozložení tlaku od čepu kladky. U 5 mm by zatížení působilo na malou plochu a docházelo by k otláčování materiálu bočnic.

Pro snadnější svařování domečku jsem jeho části navrhl jako skládačku. Díly mají zámky, které do sebe zapadnou. Tím je taky snadněji dosažena kolmost stěn vůči základně při svařování.



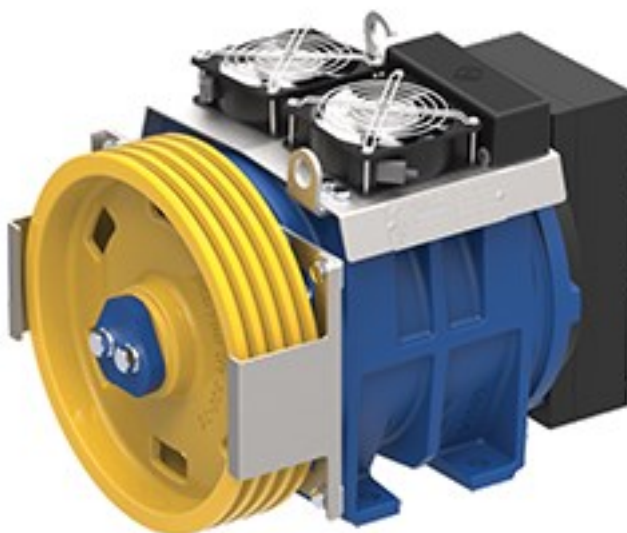
Obr. 31 Konstrukce domečku se zámečky

1 – základna; 2 – bočnice;

4.5 Výtahový stroj

Pro navrhovaný výtah jsem vybral výtahový stroj od italské firmy Montanari. Jedná se o bezpřevodový výtahový stroj MGV25S (Obr. 32). Tento pohon jsem vybral na základě dobré zkušenosti u obdobných zakázek, nízké poruchovosti a bezúdržbového chodu. Vhodnost motoru je samozřejmě ověřena výpočtem jak z mé strany, tak pro jistotu i podloženou výrobcem. Vhodné použití pohonu se dá vyčíst už z katalogu, protože tento pohon je dimenzovaný na výtah o nosnosti až 700 kg při lanování 2:1. V našem případě 320 kg hravě zvládne. Výhodou tohoto pohonu je i relativně nízká hmotnost, která činí 120 kg. To je výhoda pro montáž, protože tento pohon se musí otočit vzhůru nohama, jelikož zatížení od lan jde seshora.

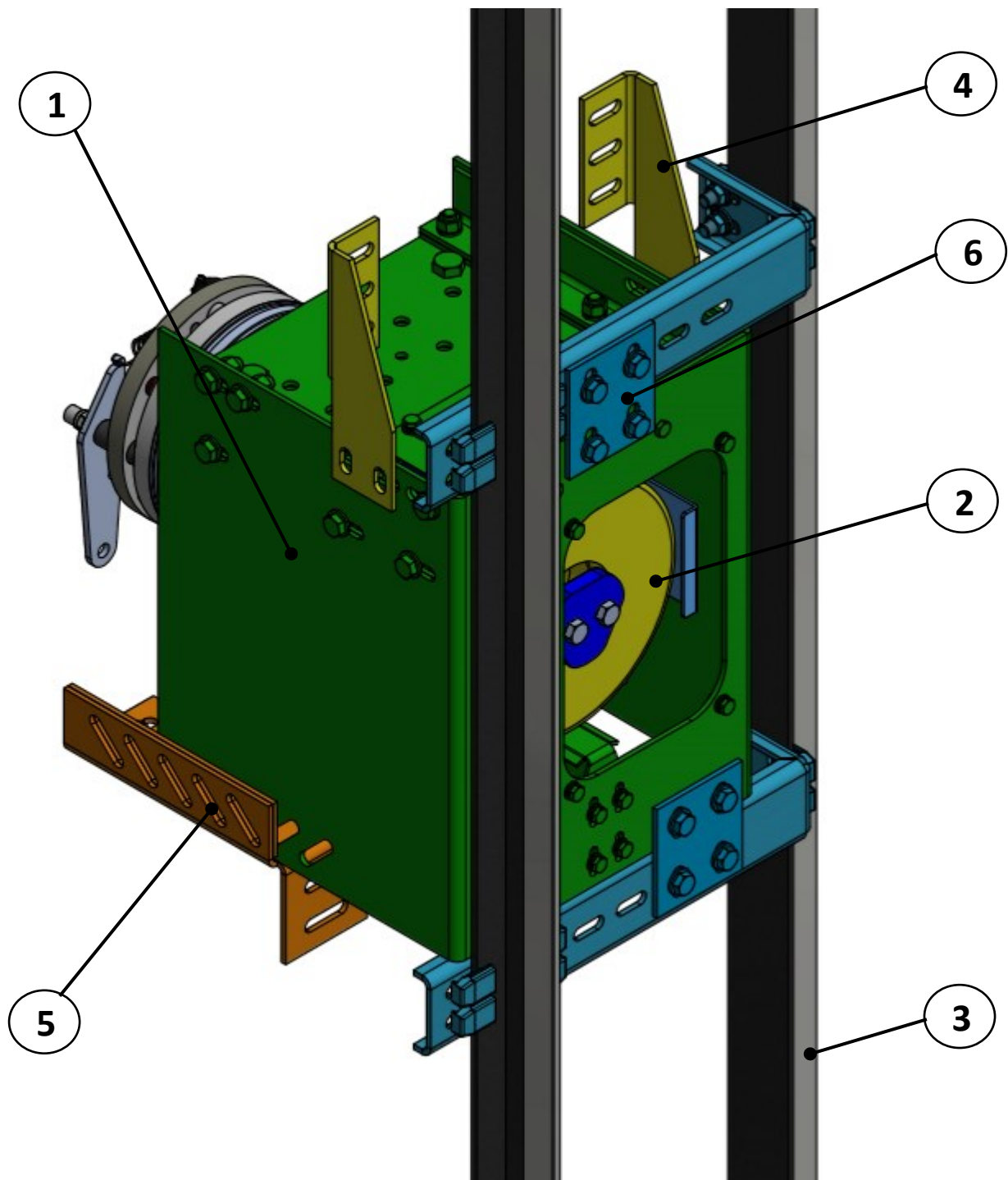
Stroj je vybaven elektromagnetickou brzdou, která se vždy aktivuje při zastavení klece ve stanici. Tato brzda také slouží pro nouzový pohyb klece.



Obr. 32 Výtahový stroj Montanari MGV25S

Pro upevnění pohonu jsem navrhl konstrukci (Obr. 33), do které se pohon umístí vzhůru nohama. Tato sestava se poté ukotví k podlaze a k vodítkům. Jelikož bude pohon zatežován ve směru nahoru, ukotvím pohon i do stěn šachty.

Kontakt s lanem udržuje trakční kladka, kde je lano v drážce. Pro správné fungování je nutné opásání lana 180°. Vybraný pohon je dodáván dle požadavku objednatele ve variantách lišícími se různými průměry trakčních kladek a počtů drážek



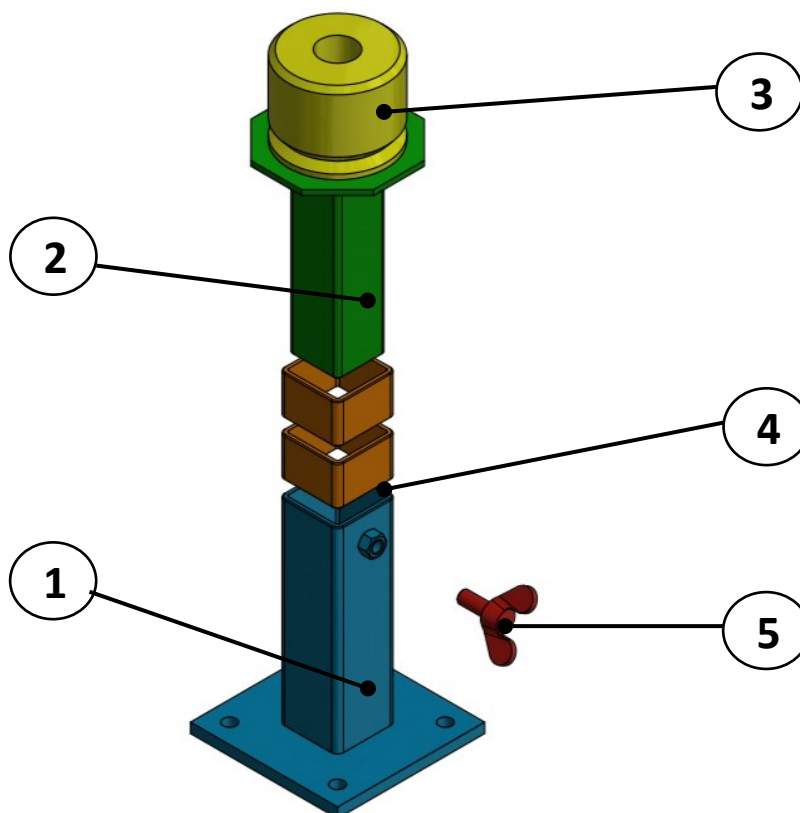
Obr. 33 Držák pohonu s příslušenstvím

1 – držák pohonu; 2 – výtahový pohon; 3 – vodítko; 4 – kotvení ke zdi; 5 – kotvení k podlaze; 6 – kotvení k vodítkům

4.6 Nárazník klece a protiváhy

Výtahy musí mít na dolním konci dráhy klece a vyvažovacího závaží nárazníky (Obr. 34). Pro mnou řešený případ budou oba nárazníky stejné. Nárazník je tvořen ocelovým podstavcem, ke kterému je upevněn pryžový nárazník. Spodní díl držáku nárazníku je z ocelového profilu čtvercového průřezu 40x40x4 a ocelové desky s otvory pro kotvení do podlahy. Vrchní díl je tvořen čtvercového průřezu 30x30x3 s ocelovou deskou pro upevnění samotného pryžového nárazníku. Vrchní část se zasune do spodní a pomocí šroubu se zaaretuje. Mezi spodní a vrchní část se mohou umístit vymežovací podložky čtvercového průřezu 40x40x4, které slouží pro regulaci výšky nárazníku. Jelikož časem dochází k protáhnutí lana, nemusí se konstrukce nárazníku řezat, ale pouze se vytáhne jeden kus vymežovací podložky a nárazník se sníží.

Nárazníky se dělí na akumulující a pohlcující energii. Nárazníky pohlcující energii tvoří gumový nárazník, který se při stlačení deformuje. Tento druh nárazníku lze použít pouze pro rychlosti nepřesahující 1 m/s. Druhý druh nárazníků je akumulující. Zde je konstrukce tvořena pružinou a pístem s olejovou náplní.



Obr. 34 Nárazník

1 – spodní stojina; 2 – horní stojina; 3 – pryžový nárazník; 4 – podložka; 5 – šroub

Vzhledem k provozní rychlosti mnou navrhovaného výtahu 1 m/s je vhodné zvolit levnější pryžové nárazníky. Z tabulky výrobce si zvolím vhodný nárazník. Vhodnost nárazníků zjistím, když znám hmotnost, která na ně bude působit. Pro nárazník pod protiváhou je rozhodující hmotnost protiváhy. V mém případě se jedná o 745 kg. Pro nárazník klece je nutný součet váhy, rámu klece, kabinových dveří a příslušenství s celkovou nosností výtahu. To činí 905 kg. Z tabulky (Tab. 3) mohu vyčíst, že pro můj návrh je vhodný nárazník typu D2 firmy Wediss pro klec i vyvažovací závaží.

Označení	Rozměry		Identifikační číslo TÜV	Jmenovitá rychlost $v = 0,63 \text{ (m/s)}$		Jmenovitá rychlost $v = 1,0 \text{ (m/s)}$	
	Průměr (mm)	Výška (mm)		$m_{\min.} \text{ (kg)}$	$m_{\max.} \text{ (kg)}$	$m_{\min.} \text{ (kg)}$	$m_{\max.} \text{ (kg)}$
D 0	80	80	44 208 12 1262 03	150	1200	180	600
D 1	100	80	44 208 12 1262 05	200	1500	220	700
D 2	100	80	44 208 12 1262 06	250	3200	330	1250
D 3	125	80	44 208 12 1262 07	500	5200	600	1850
D 4	140	80	44 208 12 1262 08	320	4000	450	1500
D 5	165	80	44 208 12 1262 09	600	7500	650	2700
D 6	220	80	44 208 12 1262 10	950	9400	1500	5500

Tab.3 Parametry nárazníků řady D

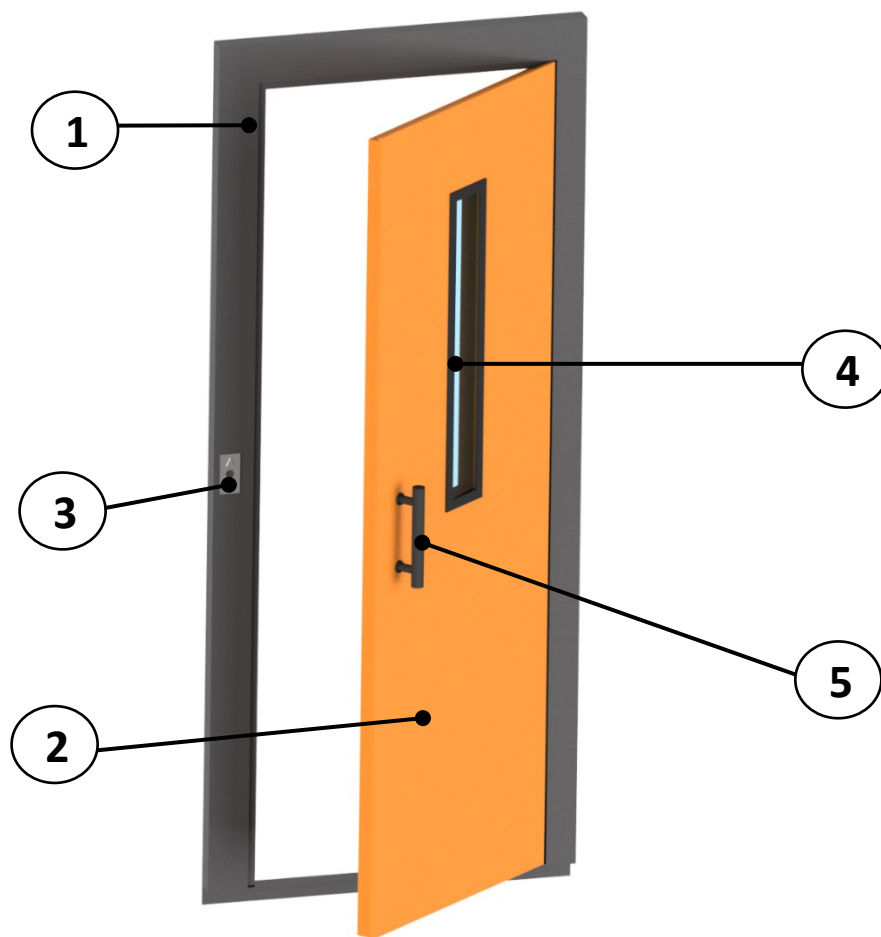
4.7 Šachetní dveře

Volba mezi šachetními dveřmi (Obr. 35) ručními a automatickými zde jednoznačně vyhrálo ruční provedení. Opět zde hrály roli malé rozměry šachty. Křídlo dveří je na pantech uloženo v rámu dveří. Na rám dveří se umísťuje ve všech stanicích přivolávač.

Křídlo dveří má madlo pro otevření dveří a okénko s bezpečnostním sklem. Na horní straně křídla je umístěn dovírač dveří.

Blokování dveří ve stanici, kde nezastavil výtah je prováděno pomocí dvevní uzávěry. Tu je, ale možno v případě potřeby (vyproštění osoby, kontrola) pomocí otvoru v rámu uvolnit pověřenou osobou.

Dveře mohou být provedeny také s požární odolností. Ty se používají u budov se zvýšeným pohybem osob (nemocnice, divadla).



Obr. 35 Šachetní dveře

1 – rám dveří; 2 – křídlo; 3 – přivolávač; 4 – okénko; 5 – madlo

5 Bezpečností opatření

Výtah je vyhrazené zvedací technické zařízení, tudíž je kladen velký důraz na bezpečnost jak převážených osob, tak osob provádějících kontrolu nebo údržbu.

Všechny bezpečnostní prvky musí splňovat přísné normy, načež jim je vystaven certifikát jako potvrzení vhodnosti testovaných komponent.

Do komponent, které musí mít certifikací, spadají:

- lana klece,
- omezovač rychlosti,
- zachycovače,
- pryžový nárazník,
- šachetní a kabinové dveře včetně uzavíracího mechanismu,
- zrcadlo v kabině;
- opláštění šachty.

5.1 Bezpečnostní prostory

Důležitým bezpečnostním opatřením, na které je nutno brát ohled, jsou únikové prostory v hlavě šachty a prohlubni. Tyto prostory musí být splněny v případě, že na kabině nebo v prohlubni bude prováděna oprava nebo kontrola. Při normálním provozu tyto bezpečnostní prostory nemusí být splněny.

V případě horního prostoru při práci na kleci musí být dodržena minimální vzdálenost mezi střešou klece a stropem šachty 1 000 mm. U prohlubně je to 500 mm mezi podlahou šachty a nejnižší částí rámu. V mém případě, když se rám s klecí nachází na nárazníku, je prostor 300 mm nedostačující. Když na nárazník dosedne protiváha a klec je v nejvyšším bodě, zůstane nad střešou klece prostor 350 mm. Obě situace tedy nesplňují požadavek na únikové prostory a je potřeba zařídit náhradní opatření. To je tvořeno dodatečnými spínači umístěnými na rámu klece a nadjížděkami umístěnými v šachtě. Nadjížděka pro bezpečnostní spínač se umístí do takové výšky, aby se výtah při sepnutí spínače zastavil a v takové výšce, aby splňoval únikové prostory. Tento dodatečný bezpečnostní systém se nazývá „předem nastavený zastavovací systém“ a je aktivován proškolenou osobou pomocí přepínače. Ten se přepne z režimu normální jízda na režim revizní jízda.

5.2 Bezpečnostní spínače

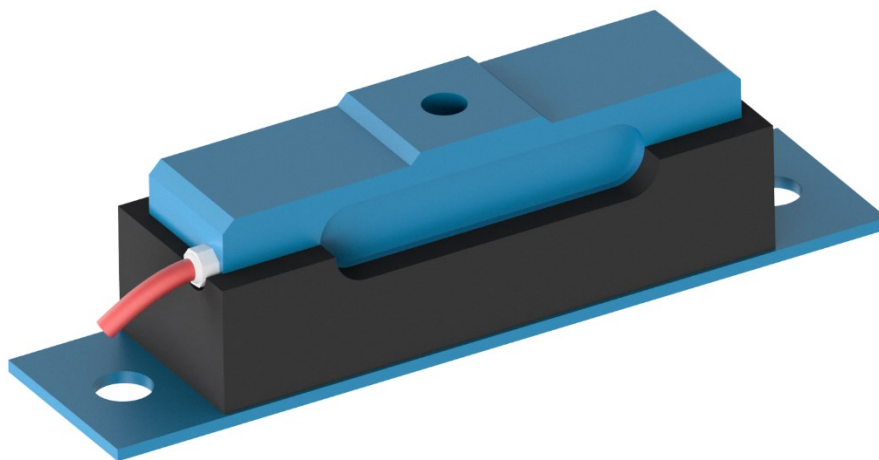
Aktivováním spínače zapojeného do bezpečnostního obvodu dojde k zastavení výtahu. Jeden ze spínačů je umístěn na všech šachetních dveřích. Ty sice lze otevřít bezpečnostním klíčem, i když je výtah v pohybu, ale po otevření dveří se aktivuje spínač, který výtah zastaví.

V případě nutnosti použití sklopného zábradlí na střeše klece musí být toto zábradlí rovněž vybaveno spínačem.

Kvůli snadnému vstupu do prohlubně se do šachty musí umisťovat žebřík. Když je dostatek místa, může se dát žebřík pevný. U šachty, kde pro pevný žebřík není místo, stejně jako v mém případě, se použije žebřík sklopný. Při normálním provozu výtahu je žebřík u zdi. V případě potřeby se žebřík nadzvedne z držáku a sklopí. Pohyb žebříku nahoru při nadzvednutí způsobí, že se rozepne bezpečnostní spínač. V ten moment se výtah nemůže rozjet.

5.3 Vážení klece

Aby se zabránilo přetěžování výtahu, jsou pod kabinou (kapitola 4.2.2) umístěny vážící jednotky (Obr. 36). Ty jsou napojeny na vyhodnocovací jednotku, která při každém zastavení výtahu vyhodnocuje aktuální zatížení. Při překročení nastavené hodnoty se rozsvítí varování na ovládacím panelu v kabině a výtah se nerozjede. Váha je vyhodnocována pouze když se klec nachází ve stanici.



Obr. 36 Vážící jednotka

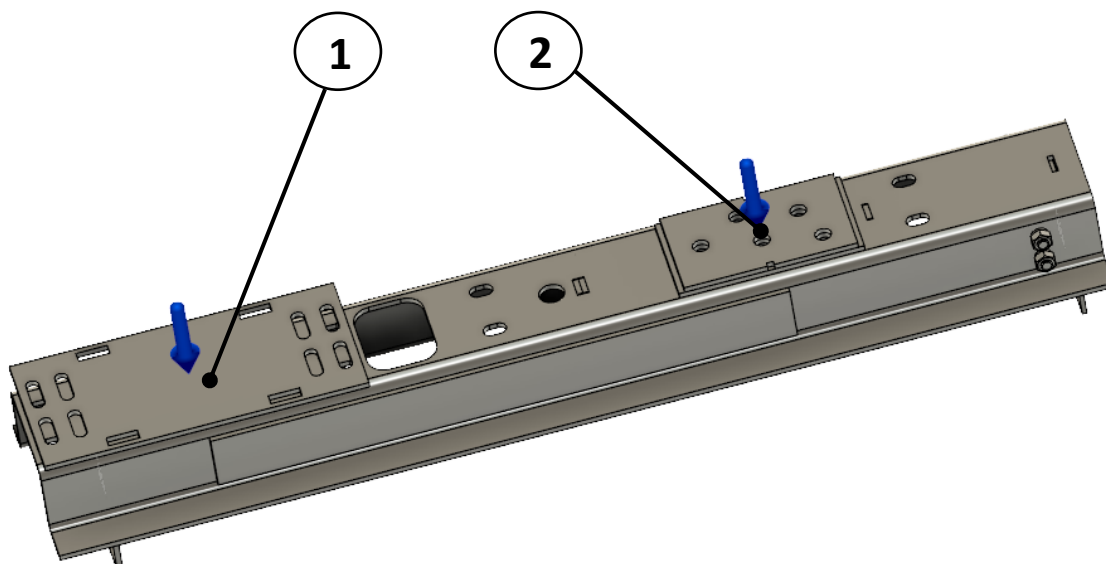
6 MKP analýza nosníku

Pro kontrolu nosníku nad protiváhou (kapitola 4.4.4) jsem využil program Fusion 360. Jedná se o alternativu Inventoru od stejného výrobce. Výhodou tohoto programu je cloudový server, který je využíván při výpočtech a není tedy nutné vlastnit výkonný počítač.

Pro co nejpřesnější výpočet zatížení jsem potřeboval vyhledat situaci, kdy bude na nosník vyvíjeno největší zatížení. Vypsal jsem si tedy tři okrajové podmínky, u kterých jsem vypočítal působící zatížení:

- 1) výtah stojí,
- 2) kabina jede nahoru,
- 3) kabina jede dolů.

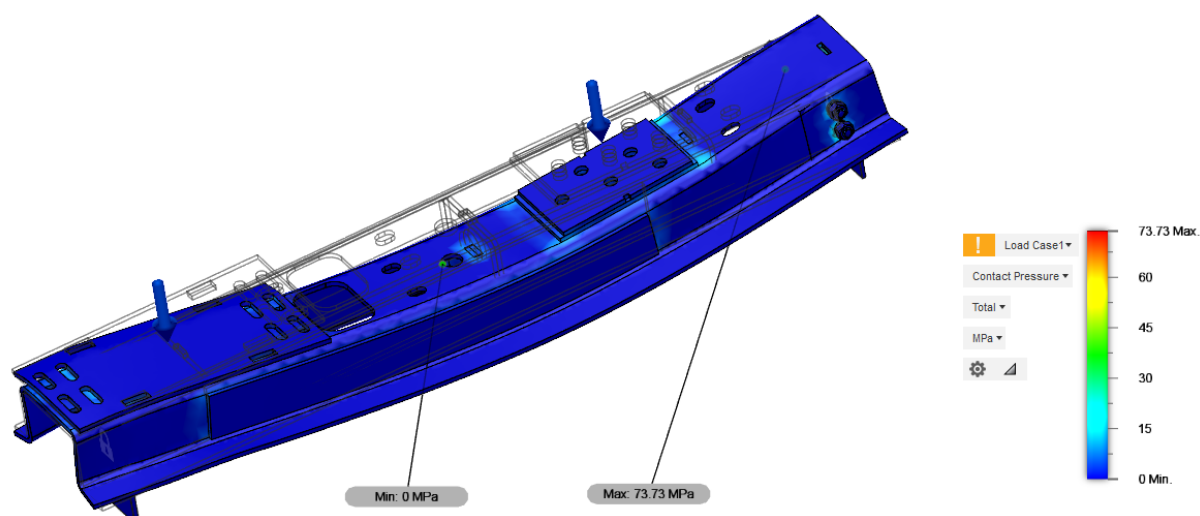
Výpočtem (kapitola 7.4) jsem zjistil, že největší zatížení nosníku bude v případě, když výtah jede nahoru. V tom případě se tedy protiváha pohybuje směrem dolů. Celkové zatížení na nosník je 7 680 N. Vzhledem k tomu, že protiváha má kladku, rozdělím působící sílu na poloviny, které umístím v simulaci na místa jejich působišť. Jedno působiště je od závěsných šroubů, druhé od převáděcí kladky. Model jsem pro potřeby výpočtu zjednodušil (Obr. 37) odebráním nepotřebných komponent.



Obr. 37 Umístění zatížení na zjednodušený nosník

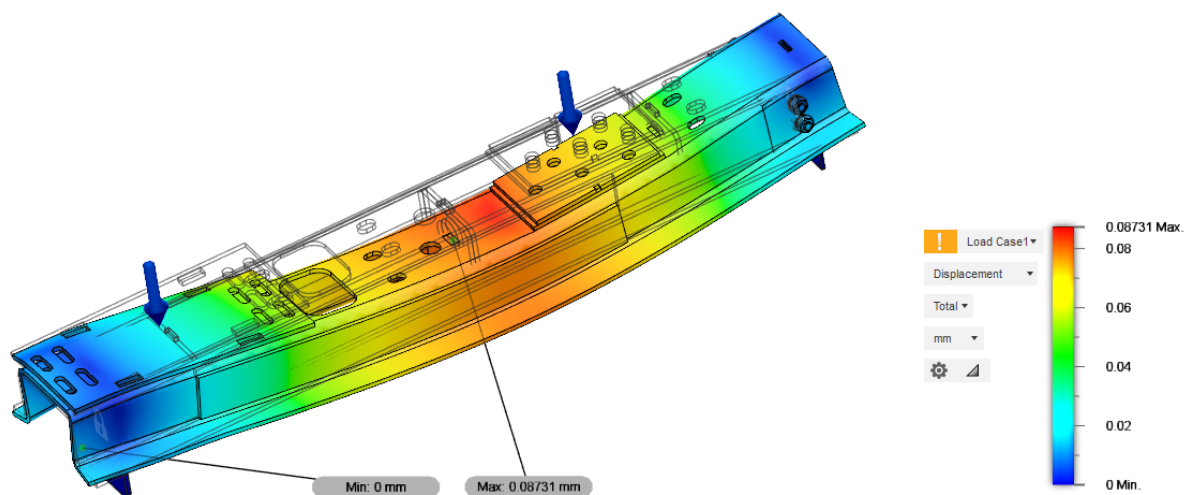
1 – zatížení od převáděcí kladky; 2 – zatížení od závěsných šroubů

Výsledkem MKP analýzy byla vizualizace zatížení (Obr. 38) s označením kritického místa. To je ve šroubovém spoji mezi nosníkem a patkou k upevnění vodítka. Toto kritické místo bude ale eliminováno svařením obou zmíněných dílů na stavbě.



Obr. 38 Deformace při kritické situaci

Přepnutím v zobrazení výsledku je vidět i průhyb nosníku (Obr. 39) při největším zatížení. Průhyb bude maximálně 0,09 mm.



Obr. 39 Průhyb při kritické situaci

7 Výpočty

Výpočty byly prováděny v souladu s normou ČSN EN 81-20 a ČSN EN 81-50

Vstupní parametry:

Značka	název	hodnota [jednotka]
Q	nosnost výtahu	320 [kg]
m_r	hmotnost rámu	250 [kg]
m_{op}	hmotnost kab. dveří	240 [kg]
m_k	hmotnost kabiny	95 [kg]
k_1	součinitel rázu	2 [-]
g	gravitační zrychlení	9,81 [m/s ²]
n	počet vodiček klece	2 [-]
m_v	hmotnost vodička	7,47 [kg/m]
l_{vk}	délka jedné linie vodiček klece	15,1 [m]
D_x	hloubka kabiny	1300 [mm]
D_y	šířka kabiny	700 [mm]
l	rozpětí mezi kotvením vodiček	700 [mm]
h	svislá vzdálenost mezi vodícími čelistmi	700 [mm]
S	průřez vodička	951 [mm ²]
J_x	moment setrvačnosti vodička k ose X	413 000 [mm ⁴]
J_y	moment setrvačnosti vodička k ose Y	186 500 [mm ⁴]
E	modu pružnosti oceli	210 000 [MPa]
σ_{dov}	dovolené namáhání	200 [MPa]
δ_{dov}	dovolené průhyb vodička	5 [mm]
μ	součinitel tření mezi lanem a trakční kladkou pohonu	0,09 [-]
a	zrychlení pohonu	0,5 [m/s]
v	rychlost výtahu	1 [m/s]
H	zdvih výtahu	11,48 [m]
m_l	hmotnost lana	0,153 [kg/m]
α	úhel opásání třecího kotouče	180 [°]

d_l	průměr lana	6 [mm]
n_l	počet lan	5 [-]
i_k, i_z	lanový převod	2 [-]
d_t	průměr třecího kotouče	240 [mm]
γ	Úhel drážky třecího kotouče	45 [°]
C_1	součinitel zahrnující zrychlení	1,13 [-]
C_2	součinitel drážky	1 [-]
P_{dov}	dovolený tlak v drážce třecího kotouče	1,8 [MPa]
σ_z	zaručená nosnost lana	25 900 [N]

7.1 Výpočet vodítek klece

Hmotnost rámu s klecí a příslušenstvím

$$P = m_r + m_k + m_{op} = 250 + 240 + 95 = 585 \text{ [kg]}$$

Hmotnost jedné linie vodítek

$$m_g = m_v \cdot l_{vk} = 7,47 \cdot 15,1 = 113 \text{ [kg]}$$

Svislá síla způsobena klecí

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g \cdot (P + Q)}{n} + (M_g \cdot g) = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (585 + 320)}{2} + (113) \cdot 9,81 = 9985 \text{ [N]}$$

Potřebná hmotnost protiváhy

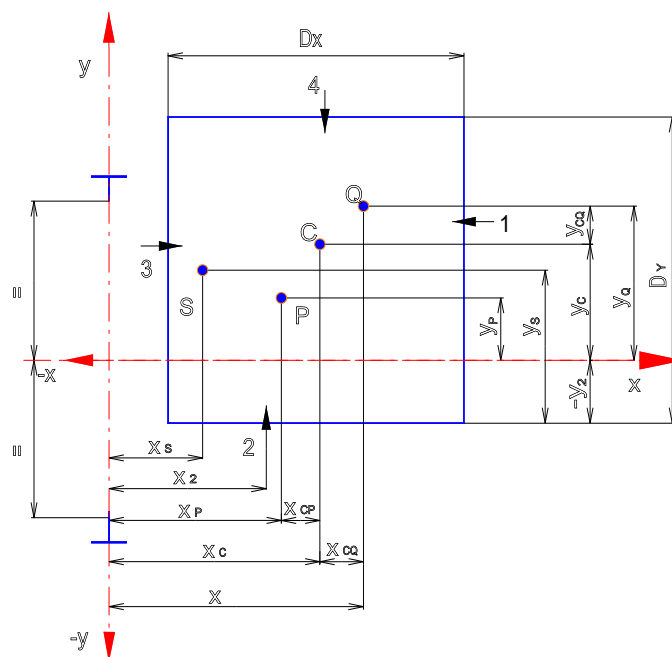
$$m_{pr} = P + \frac{Q}{2} = 585 + \frac{320}{2} = 745 \text{ [kg]}$$

Hodnota k_1 je z tabulky 14 v ČSN EN 81-20 charakterizující použití pryžového nárazníku a klouzavých zachycovačů.

Zatížení prahu

$$F_s = 0,4 \cdot g \cdot Q = 0,4 \cdot 9,81 \cdot 320 = 1256 \text{ [N]}$$

Vypočet těžiště klece



Obr. 40 Schéma těžiště klece

- xQ, yQ..... vzdálenosti těžiště jmenovitého zatížení " Q" k vodičku
- xP, yP..... vzdálenosti těžiště a hmotnosti klece "P" k vodičku
- xC, yC..... vzdálenosti středu klece "C" k vodičku
- xS, yS vzdálenosti bodu závěsu "S" k ose vodičku

Těžiště rámu a klece je v ose x a y 0 mm. Jelikož se jedná o výtah neprůchozí, bude vzdálenost těžiště kabinových dveří od vodiček 690 mm v x ose. Kdyby byl můj případ průchozí, bylo by těžiště kabinových dveří 0 mm, tudíž v ose vodiček.

Těžiště je možné zjistit také v 3D modelu. Ne vždy je ale nutností mít vše vymodelované. U typových řešení se často pracuje pouze s výkresy v Autocadu, kde se upravují rozměry klece. V tom případě se využívá schéma (Obr. 40) následující výpočet.

$$x_P = \frac{m_{oper} \cdot x_{oper} + m_{ram} \cdot x_{ram} + m_{kab} \cdot x_{kab}}{m_{oper} + m_{ram} + m_{kab}} = \frac{95 \cdot 690 + 240 \cdot 0 + 250 \cdot 0}{95 + 240 + 250} = 112,1 [mm]$$

$$y_P = \frac{m_{oper} \cdot y_{oper} + m_{ram} \cdot y_{ram} + m_{kab} \cdot y_{kab}}{m_{oper} + m_{ram} + m_{kab}} = \frac{95 \cdot 0 + 240 \cdot 0 + 250 \cdot 0}{95 + 240 + 250} = 0 [mm]$$

a) namáhání na ohyb k ose Y vodička silami ve vodících čelistech

$$x_Q = x_c + \frac{D_x}{8} = \frac{1300}{8} = 0 + 162,5 = 162,5$$

$$y_Q = y_c = 0$$

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (320 \cdot 162,5 + 585 \cdot 112,1)}{2 \cdot 2665} = 432,7 \text{ [N]}$$

$$M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 432,7 \cdot 2800}{16} = 227\,167,5 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} = \frac{227167,5}{5350} = 42,5 \text{ [MPa]}$$

b) namáhání vodiček k ose X vodička silami ve vodících čelistech

$$x_Q = x_c = 0$$

$$y_Q = y_c + \frac{D_y}{8} = \frac{700}{8} = 0 + 87,5 = 87,5$$

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot (320 \cdot 87,5 + 585 \cdot 0)}{1 \cdot 2665} = 206,1 \text{ [N]}$$

$$M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16} = \frac{3 \cdot 206,1 \cdot 2800}{16} = 108202,5 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{108202,5}{9240} = 11,7 \text{ [MPa]}$$

c) Namáhání vodiček na ohyb při působení zachycovačů

Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l}{\sqrt{\frac{J_y}{S}}} = \frac{2800}{\sqrt{\frac{186500}{951}}} = 200$$

Součinitel vzpěrnosti oceli s pevností v tahu $R_m = 370 \text{ Mpa}$:

$$\omega = 0,00016887 \cdot \lambda^2 = 6,75$$

Namáhání ve vzpěru

$$\sigma_k = \frac{F_v + \omega}{S} = \frac{9985 \cdot 6,75}{951} = 71 \text{ [MPa]}$$

d) Kombinované namáhání ve vzpěru a ohybu

Namáhání na ohyb

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y = 42,5 + 11,7 = 54,2 \text{ [MPa]} < \sigma_{DOV} = 200 \text{ [MPa]}$$

VYHOVUJE

Namáhání na ohyb a tlak

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v}{S} = 54,2 + \frac{9985}{951} = 64,7 \text{ [MPa]} < \sigma_{DOV} = 200 \text{ [MPa]}$$

VYHOVUJE

Namáhání na ohyb a vzpěr

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m = 71 + 0,9 \cdot 54,2 = 119,8 \text{ [MPa]} < \sigma_{DOV} = 200 \text{ [MPa]}$$

VYHOVUJE

e) Průhyb vodítka

Průhyb v ose X

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_y} = 0,7 \cdot \frac{432,7 \cdot 2800^3}{48 \cdot 210000 \cdot 186500} = 3,53 \text{ [mm]} < \delta_{DOV} = 5 \text{ [mm]}$$

VYHOVUJE

Průhyb v ose Y

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_x} = 0,7 \cdot \frac{206,1 \cdot 2800^3}{48 \cdot 210000 \cdot 413000} = 0,76 \text{ [mm]} < \delta_{DOV} = 5 \text{ [mm]}$$

VYHOVUJE

7.2 Kontrola trakce

Součinitel tření

$$f_v = \mu \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} = 0,09 \cdot \frac{1}{\sin \frac{45}{2}} = 0,235$$

Faktor tření

$$e^{f_v \cdot \alpha} = e^{0,26 \cdot 3,142} = 2,1$$

a) Nakládání – plna klec dole

Síla na straně klece

$$T_{1Npld} = \frac{g \cdot (1,25 \cdot Q + P + i_k \cdot n_l \cdot m_l \cdot H)}{i_k} \\ = \frac{9,81 \cdot (1,25 \cdot 320 + 585 + 2 \cdot 5 \cdot 0,153 \cdot 11,48)}{2} = 4918 \text{ [N]}$$

Síla na straně protiváhy

$$T_{2Npld} = \frac{g \cdot \left(P + \frac{Q}{2}\right)}{i_z} = \frac{9,81 \cdot \left(585 + \frac{320}{2}\right)}{2} = 3654 \text{ [N]}$$

Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{4918}{3654} \cdot 1,13 \cdot 1 = 1,52$$

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

VYHOVUJE

b) Nakládání – plna klec nahoře

Síla na straně klece

$$T_{1Npln} = \frac{g \cdot (1,25 \cdot Q + P)}{i_k} = \frac{9,81 \cdot (1,25 \cdot 320 + 585)}{2} = 4831 \text{ [N]}$$

Síla na straně protiváhy

$$T_{2Npln} = \frac{g \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + i_z \cdot n_l \cdot m_l \cdot H\right)}{i_z} = \frac{9,81 \cdot \left(585 + \frac{320}{2} + 2 \cdot 5 \cdot 0,153 \cdot 11,48\right)}{2} \\ = 3740 \text{ [N]}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Npln}}{T_{2Npln}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{4831}{3740} \cdot 1,13 \cdot 1 = 1,46$$

$$\frac{T_{1Npln}}{T_{2Npln}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

VYHOVUJE

d) Kontrola tlaku v drážce třecího kotouče

Tlak v drážce třecího kotouče pro 4 lan

$$T = \frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot m_l \cdot g \cdot H = \frac{9,81 \cdot (585 + 320)}{2} + 4 \cdot 0,153 \cdot 9,81 \cdot 11,48$$

$$= 4508 \text{ [N]}$$

$$P_v = \frac{T}{n_l \cdot d_l \cdot D_t} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = \frac{4508}{4 \cdot 6 \cdot 240} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{45}{2}\right)} = 1,85 \text{ [Mpa]}$$

$$P_v = 1,85 \geq P_{dov} = 1,8$$

NEVYHOVUJE

Tlak v drážce třecího kotouče pro 5 lan

$$T = \frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot m_l \cdot g \cdot H = \frac{9,81 \cdot (585 + 320)}{2} + 5 \cdot 0,153 \cdot 9,81 \cdot 11,48$$

$$= 4525 \text{ [N]}$$

$$P_v = \frac{T}{n_l \cdot d_l \cdot D_t} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = \frac{4525}{5 \cdot 6 \cdot 240} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{45}{2}\right)} = 1,64 \text{ [Mpa]}$$

$$P_v = 1,64 \leq P_{dov} = 1,8$$

VYHOVUJE

7.3 Kontrola lan

Výpočet se vztahuje pro certifikovaná výtahová lana (kapitola 4.4.1) PAWO 819 W.

a) Stanovení součinitele bezpečnosti nosných lan

$$K_l = \frac{\sigma_z \cdot n_l}{\frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot m_l \cdot g \cdot H} = \frac{25900 \cdot 5}{\frac{9,81 \cdot (585 + 320)}{2} + 5 \cdot 0,153 \cdot 9,81 \cdot 11,48} = 34,4 [-]$$

b) Stanovení minimálního součinitele bezpečnosti lan

Ekvivalentní počet hnacích kotoučů

$$N_{equiv(t)} = 6,5 [-]$$

Stanoveno podle tabulky 2 v ČSN EN 81-50

Průměrná velikost kladek

$$D_p = \frac{320 + 320 + 240 + 240 + 240}{5} = 272 \text{ [mm]}$$

Poměr průměrů třecího kotouče a kladky

$$K_p = \left(\frac{D_t}{D_p} \right)^4 = \left(\frac{240}{272} \right)^4 = 0,6 [-]$$

Ekvivalentní počet lanových kladek

$$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) = 0,6 \cdot (3 + 4 \cdot 2) = 6,6 [-]$$

Ekvivalentní počet odkláněních kladek

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} = 6,5 + 6,6 = 13,1 [-]$$

Minimální součinitel bezpečnosti lan

$$K_{min} = 10^{\left[\frac{\log\left(\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{equiv}}{\left(\frac{D_t}{d_l}\right)^{8,567}}\right)}{\log\left(77,09 \cdot \left(\frac{D_t}{d_l}\right)^{-2,894}\right)} \right]} =$$

$$= 10^{\left[\frac{\log\left(\frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot 13,1}{\left(\frac{240}{6}\right)^{8,567}}\right)}{\log\left(77,09 \cdot \left(\frac{240}{6}\right)^{-2,894}\right)} \right]} = 20,6 [-]$$

$$K_l = 34,4 \geq K_{min} = 20,6$$

VYHOVUJE

7.4 Zatížení nosníku nad protivahou

Hodnoty zatížení pro 3 okrajové situace:

1. Výtah stojí

$$F_{protiváhy} = m_{protiváhy} \cdot g = 745 \cdot 9,81 = 7\,308\,N$$

2. Výtah jede nahoru

$$F_{protiváhy} = m_{protiváhy} \cdot (g + a) = 745 \cdot (9,81 + 0,5) = 7\,680\,N$$

3. Výtah jede dolů

$$F_{protiváhy} = m_{protiváhy} \cdot (g - a) = 745 \cdot (9,81 - 0,5) = 6\,935\,N$$

8 Závěr

Tato diplomová práce pojednává o konstrukčním návrhu výtahu umístěného v šachtě údržby obytného domu. Jelikož tento dům nemá nad šachtou strojovnu, veškeré komponenty jsou umístěny uvnitř šachty. Pouze výtahový stroj je částečně mimo šachtu a tím je přístupný pro údržbu nebo nouzové ovládaní.

Jelikož výtahový pohon bude umístěn ve volně přístupném prostoru, spadá tento návrh do kategorie výtahu bez strojovny.

Při návrhu jsem využil existujícího rámu klece a protiváhy od zadavatele. Z ekonomického a časového hlediska to je logické řešení, protože tyto komponenty přesně zapadaly do mého návrhu a jen rám by vydal na samostatnou diplomovou práci.

Při návrhu bylo nutné splňovat bezpečnostní podmínky normy ČSN EN 81-50 a normy ČSN EN 81-20. Výsledkem je koncept, který splňuje jak požadavky zákazníka, tak bezpečnostní požadavky normy.

Výsledný návrh výtahu otevírá nové možnosti firmě LIFT SERVIS WORK a.s., která uvedené konstrukční řešení zrealizuje.

9 Seznam použitých zdrojů

1. ČSN EN 81-20. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahu: Výtahy pro dopravu osob a nákladu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
2. ČSN EN 81-50. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahu: Přezkoušení a zkoušky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
3. DVOŘÁK, Jan. *DK I – MONTÉR VÝTAHU* [online]. 2011, 172 stran, [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.komora.cz/files/uploads/2017/04/materialy-ke-zkousce-monter-vytahu.pdf>
4. *Ostrava-jih: Naše bytové domy: Paneláky typu G57* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://historie.ovajih.cz/nase-bytove-domy-panelaky-typu-g57/>
5. *Montanari Giulio: MGV25S* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.montanarigiulio.com/en/products-page/gearless/prodotto-mgv25/>
6. *DYNATECH: STAR A3 / STAR* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: https://www.dynatech-elevation.com/star_a3_star_en_30.htm
7. *Výtahové díly: T2 MONTEFERRO* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.vytahovedily.com/t2-monteferro/d-432483/>
8. *Výtahové zachycovače* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: http://www.metallift.cz/data/zachycovace/dynatech/katalog_zachycovac_dynatech.pdf
9. *Kluzné vedení závaží a malých kabin* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: http://www.metallift.cz/data/prislusenstvi/hlinikove_vodici_celisti_pro_zavazi.pdf
10. *Technico: samomaznice* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <http://www.technico-s.cz/>
11. *GUSTAV WOLF: ROPES FOR SMALL TRACTION SHEAVES* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z: <https://www.gustav-wolf.com/products/ropes/elevator-ropes/ropes-for-small-traction-sheaves/>

12. *Závěsy výtahových lan* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z:
http://www.metallift.cz/data/prislusenstvi/zavesy/zavesne_srouby.pdf
13. *Wediss: Nárazníky pro výtahy* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z:
http://www.wediss.com/soucasti_pro_vytahy-narazniky_pro_vytahy.html
14. *Centa: CNT 800* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z:
<http://www.centa.com.tr/english/index.php/services/cnt-800/>
15. *Liftmont CZ: Šachetní dveře* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z:
<https://sachetnidvere.liftmont.cz/>
16. *LIFT SERVIS: Výtahová vodítka* [online]. [cit. 2019-05-07]. Dostupné z:
http://www.liftservis.eu/soubory_zbozi/20_1.pdf

10 Seznam příloh

Název	Číslo výkresu	Formát	Typ výkresu
Nosník s kladkou	TRI0012-S	A3	Sestava
Nosník nad protiváhou	TRI0012-1	A3	Podsestava
Nosník	TRI0012-1-1	A3	Výrobní výkres
Deska závěsu 1	TRI0012-1-2	A4	Výrobní výkres
Deska závěsu 2	TRI0012-1-3	A4	Výrobní výkres
Žebro	TRI0012-1-4	A4	Výrobní výkres
Výztuha	TRI0012-1-5	A4	Výrobní výkres
Příruba vodítka – volná	TRI0012-1-6	A4	Výrobní výkres
Příruba vodítka – pevná	TRI0012-1-7	A4	Výrobní výkres
Držák kladky 320	TRI0012-2	A3	Podsestava
Domeček kladky	TRI0012-2-1	A4	Podsestava
Dolní plech	TRI0012-2-1-1	A4	Výrobní výkres
Boční plech	TRI0012-2-1-2	A4	Výrobní výkres
Hřídel kladky	TRI0012-2-2	A4	Výrobní výkres
Pojistka hřídele	TRI0012-2-3	A4	Výrobní výkres
Kryt boční	TRI0012-2-4	A3	Výrobní výkres
Kryt horní	TRI0012-2-5	A3	Výrobní výkres
Konzola nosníku kladky	TRI0012-3	A4	Výrobní výkres